



**SOURCES DE CONTAMINATION EN TITANE, ALUMINIUM ET PHOSPHORE
DANS LE MINÉRAI DE FER DU MONT-WRIGHT, QUÉBEC.**

Par Joëlle Thiboutot Goyette

**Mémoire présentée à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue de l'obtention du grade de
maîtrise en science de la terre**

Québec, Canada

© Joëlle Thiboutot Goyette, 2017

Résumé

La qualité d'un minerai de fer se mesure, entre autres, par sa pureté, donc par la très faible quantité de silice et de contaminants. Les minerais de fer les plus riches se raréfiant, il devient impératif d'exploiter de nouvelles zones minéralisées moins riches et présentant généralement de plus grandes teneurs en contaminants. Il devient donc important de mieux comprendre la nature, l'origine et la distribution des contaminants. Le gisement du Mont-Wright (Fermont, Québec) réputé pour son concentré de grande pureté, présente des zones davantage contaminées. Pouvoir exploiter ces zones ajouterait 249 millions de tonnes de minerais présentement considérés comme stérile. Cela représente environ 4 ans d'exploitation supplémentaire pour la mine (production d'environ 24 Mt de minerai/année).

L'objectif du présent projet est d'établir la nature de la contamination, puis de prouver ou d'infirmer un lien entre le principal encaissant du minerai (amphibolite) avec cette contamination en titane, en aluminium et en phosphore. Plusieurs hypothèses ont été amenées, dont la contamination de la formation de fer par l'amphibolite par métamorphisme, métasomatisme, hydrothermalisme, diffusion etc. Les relations entre la minéralisation et les épontes (amphibolites) deviennent critiques.

En premier lieu, la nature des contaminants a pu être établie grâce à la microscopie optique et à des cartes chimiques à la micro-XRF. Il en est ressorti une contamination en titane contenu dans des exsolutions ilménites/hématites et par des grains de rutil. Le phosphore est présent dans l'apatite et enfin, l'aluminium est retrouvé dans les argiles.

En second lieu, la nature de l'amphibolite a pu être déterminée. Il existe en effet deux types d'amphibolite, soit le type I qui englobe la majorité des échantillons et le type II qui est composé de seulement quelques échantillons. Le type I contient du titane en quantité importante, ainsi que de l'aluminium et du phosphore. Le type II ne contient que très peu de titane et d'aluminium mais contient du graphite. Les deux types d'amphibolites ont une affinité avec les basaltes alcalins et leur différence s'explique par des altérations locales dues à la circulation de fluides hydrothermaux.

En troisième lieu, il a été possible de corréler la contamination en titane de la formation de fer avec un type d'amphibolite. Les amphibolites de type II ayant des contacts plus altérés amènent une contamination plus importante que le type I. Cette contamination reste cependant à très petite échelle (quelques centimètres). Il s'agit principalement d'exsolutions ilménite-hématite ainsi que de grains de rutil. Il est possible de remarquer une corrélation positive entre la quantité d'apatite et la quantité d'ilménite. Enfin, la contamination en aluminium se retrouve surtout sous forme d'argile. Un gradient de contamination est mis en évidence grâce à la HHXRF et aux analyses des éléments traces des oxydes par LA-ICP-MS. La contamination s'explique par un lessivage du fer et de la silice créant un enrichissement relatif des contaminants mis en évidence par la perte de consolidation de plusieurs lithologies. Un calcul de bilan de masse démontre qu'avec un lessivage de 68 % d'un mélange 60-40 $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ il est possible de générer les formations de fer contaminées à partir d'une formation de fer moyenne. Ce projet a démontré qu'une contamination des formations de fer est le résultat d'un lessivage du fer et de la silice liée

aux amphibolites et est limitée principalement à la zone près des contacts avec les encaissants de la minéralisation.

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu mon directeur de maîtrise, M. Paul Bédard de l'Université du Québec à Chicoutimi ainsi que mon directeur en entreprise, M. Hugues Longuepée d'ArcelorMittal Exploitation Minière s.e.n.c, pour m'avoir proposé ce projet et de m'avoir aidé à relever le défi d'écrire ce mémoire. Je tiens aussi à remercier M. Michel Gauthier pour son aide sur le terrain, ainsi que Myriam St-Louis et Mathieu Doucette pour leurs précieux conseils.

Ensuite, je voudrais remercier mes parents, France et Daniel, qui m'ont toujours encouragée et aidée à poursuivre mes études. Merci aussi à Jérémie Normand Therrien pour son soutien moral et sa compréhension lors de longues journées de rédaction. Enfin, je voulais remercier Lou Millot et Ariane Chourot pour leur aide précieuse de relecture et pour leurs conseils.

Enfin, merci à Pierre Lacoste du MERN pour la révision des lames minces en ma compagnie.

Tables des matières

Chapitre 0 : Introduction	12
0.1 Problématique.....	12
0.2 Localisation du projet.....	14
0.3 Volume contaminé	18
0.4 Relation amphibolite-minerai.....	22
0.5 But et hypothèse du projet.....	26
Chapitre 1 : Contexte géologique régional	30
1.1 Géologie régionale	30
1.2 Géologie du Mont-Wright.....	36
1.3 Lithologie observé au Mont-Wright.....	38
Chapitre 2 : Méthodologie	43
2.1 Étapes de réalisation.....	43
2.2 Échantillonnage.....	45
2.3 Microscope optique polarisant	49
2.4 Microscope à balayage électronique (MEB).....	49
2.5 Spectrométrie de masse par ablation laser	50
2.6 XRF	52
2.7 Analyse roche total par XRF et ICP-MS.....	54
2.8 XRF portable.....	56
Chapitre 3 : Pétrographie	60
3.1 Amphibolite	60
3.1.1 Description macroscopique	60
3.1.2 Description microscopique.....	63
3.2 Formations de fer	69
3.2.1 Description macroscopique	69
3.2.2 Description microscopique.....	70
3.3 Contact	73
3.3.1 Description macroscopique	73
3.3.2 Description microscopique.....	75

Chapitre 4 : Géochimie.....	76
4.1 Géochimie des formations de fer	76
4.1.1 Analyses des éléments majeurs	76
4.1.2 Analyses des éléments mineurs	79
4.2 Géochimie des amphibolites	81
4.2.1 Analyses des éléments majeurs	81
4.2.2 Analyses des éléments mineurs	82
4.3 Résultats chimiques.....	86
4.3.1 HHRXF	86
4.3.2 Éléments traces dans les oxydes de fer	89
4.3.3 Géochimie des minéraux contaminants	92
Chapitre 5 : Discussion.....	94
5.1 Les formations de fer.....	94
5.1.1 Évidences de contamination.....	94
5.1.2 Comparaison avec un gisement similaire	95
5.1.3 Comparaison avec les gisements de la formation de Sokoman.....	100
5.1.4 Comparaison entre les formations de fer éloigné et près du contact avec l'amphibolite	102
5.2 Les amphibolites	104
5.2.1 Distinction entre les 2 types d'amphibolites	104
5.2.2 Nature des amphibolites	107
5.3 Évidences de contamination.....	118
5.3.1 Source de contamination dans la formation de fer	118
5.3.1.1 Le titane.....	118
5.3.1.1.1 Les exsolutions ilménite-hématite.....	120
5.3.1.1.2 Le rutile	123
5.3.1.2 Le phosphore.....	124
5.3.1.2.1 L'apatite	124
5.3.1.3 L'aluminium.....	126
5.3.1.3.1 L'argile.....	127
5.3.1.3.2 Les grenats.....	128
5.3.1.4 Le principe de dilution des amphibolites	129

5.3.2 Distribution de la contamination	130
5.3.2.1 Influence de la nature du contact	130
5.3.2.2 Dimension des amphibolites	130
5.3.2.3 Lien entre les types d'amphibolites et la contamination.....	136
5.4 Modèles étudiés	132
5.4.1 Diffusion métamorphique et déshydratation au contact.....	132
5.4.2 Fluide et lessivage	133
5.4.3 Modèle génétique proposé.....	135
Conclusion	137
Références.....	138
Annexe 1 : Descriptions macroscopiques et microscopiques	144
Annexe 2 : Analyse structurale.....	272

Liste des figures

Figure 1	Localisation du Mont-Wright.	15
Figure 2	Localisation des fosses de l'exploitation minière du Mont-Wright.....	17
Figure 3	Graphique de l'influence de l'étendue de la contamination sur la stérilisation d'un bloc .	18
Figure 4	Graphique de tolérance au matériel contaminant.....	19
Figure 5	Modèle de la zone minéralisée du Mont-Wright vue du ciel.....	20
Figure 6	Modèle de la zone minéralisée du Mont-Wright vue en coupe.	20
Figure 7	Modèle de la zone minéralisée du Mont-Wright vue du ciel.....	21
Figure 8	Modèle de la zone minéralisée du Mont-Wright vue en coupe.	21
Figure 9	Section verticale d'une partie du gisement (Secteur Paul's Peak).	23
Figure 10	Section verticale du gisement montrant une contamination en titane à proximité avec un mica-schiste à quartz (Secteur pit B).	25
Figure 11	Géologie de la Fosse du Labrador avec des unités sédimentaires à l'ouest et des unités volcano-sédimentaires à l'est.	31
Figure 12	Représentation de l'évolution géologique de la Fosse.....	34
Figure 13	Géologie de la province géologique du Grenville.	36
Figure 14	Stratigraphie simplifiée du Mont-Wright.....	38
Figure 15	Photographie d'un gneiss retrouvé au Mont-Wright.	39
Figure 16	Relevé aéromagnétique de la région du Mont-Wright.....	40
Figure 17	Schéma conceptuel de l'échantillonnage par rapport au contact.....	45
Figure 18	Type de contact entre les amphibolites et les formations de fer.	46
Figure 19	Localisation des échantillons sur le site minier du Mont-Wright et son environnement immédiat.....	48
Figure 20	Photographie montrant en exemple une lame mince envoyée à l'analyse par micro-XRF.....	54
Figure 21	Série temporelle présentant la teneur obtenue par HHXRF.....	58
Figure 22	Photographie d'une carotte de forage d'amphibolite bréchique du contact 23.....	61
Figure 23	Photographie d'une carotte de forage d'amphibolite près du contact 13.....	62
Figure 24	Arrangement microscopique des minéraux.	63
Figure 25	Photomicrographie en lumière naturelle d'une amphibolite	64
Figure 26	Photomicrographie en lumière naturelle de l'altération des plagioclases.....	65
Figure 27	Diagramme de phase présentant la solution solide entre les différents oxydes se trouvant dans les amphibolites.	66
Figure 28	Photomicrographie en lumière naturelle de rutile à proximité avec l'Ilménite dans les amphibolites.....	67
Figure 29	Diagramme présentant la solution solide entre les différents silicates	68
Figure 30	Photographie d'une carotte de forage d'une formation de fer du Mont-Wright	70
Figure 31	Photomicrographie en lumière réfléchie d'une exsolution hématite/magnétite dans le contact 0.....	71
Figure 32	Photomicrographie en lumière naturelle d'apatite dans la formation de fer.	72
Figure 33	Photomicrographie en lumière naturelle d'un minéral demandant une identification au MEB.....	73
Figure 34	Photographie d'une carotte de forage d'un contact graduel avec échange minéralogique entre les deux unités.....	74
Figure 35	Mosaïque de microphotographie en lumière naturelle du contact 10.	75

Figure 36 Concentration du TiO_2 par rapport au contact 3 avec l'amphibolite.	86
Figure 37 Concentration en Al_2O_3 dans une formation de fer par rapport au contact 3.....	87
Figure 38 Concentration normalisée par la teneur moyenne en Al, Ba et Si.	88
Figure 39 Concentration normalisée par la teneur moyenne en Ce et Ba du forage 2010-06.....	88
Figure 40 Concentration en titane dans les oxydes de fer des formations de fer près du contact 3 avec une amphibolite.....	92
Figure 41 Spectre de rayon X en énergie dispersive de rutile dans la formation de fer.....	93
Figure 42 Diagramme de comparaison entre les éléments majeurs des formations de fer du Mont-Wright et d'Anshan.....	98
Figure 43 Diagramme de comparaison des éléments traces dans les formations de fer du Mont-Wright et du gisement d'Anshan.....	100
Figure 44 Graphique de la moyenne des échantillons du Mont-Wright normalisé par la moyenne des échantillons de la formation de Sokoman.....	101
Figure 45 Diagramme multi-éléments de comparaison entre les échantillons près (1 cm) et ceux éloignés du contact (100 cm)	103
Figure 46 Comparaison entre les amphibolites du Mont-Wright, de type I et de type II.....	105
Figure 47 Diagramme multi-éléments traces divisés par le manteau primitif des amphibolites.....	106
Figure 48 Graphique de la moyenne des échantillons du Mont-Wright normalisé par la moyenne des échantillons du shale de Menihek	108
Figure 49 Comparaison entre les éléments mineurs des amphibolites de type I et de type II avec les analyses du shale de Menihek.....	110
Figure 50 Diagramme multiélément comparant les teneurs des amphibolites du Mont-Wright du type I, celles du type II et ceux de la Fosse du Labrador.....	112
Figure 51 Diagramme de classification des roches ignées	113
Figure 52 Graphique du Zr en fonction de P_2O_5 qui démontre les affinités alcalines ou tholéitiques des amphibolites de type I et II.	114
Figure 53 Graphique du SiO_2 en fonction du K_2O	115
Figure 54 Diagramme binaire du Ni et du Cr en fonction du Mg	117
Figure 55 Cartographie géochimique du titane à travers un contact amphibolite/formation fer....	119
Figure 56 Substitution dans les oxydes de fer.....	120
Figure 57 Photomicrographie en lumière transmise du minéral de fer montrant les oxydes de fer avec différentes granulométries.....	121
Figure 58 Normalisation entre la moyenne des petits grains par la moyenne des gros grains des oxydes de fer de granulométries différentes	122
Figure 59 Cartographie géochimique du phosphore à travers un contact amphibolite/formation fer.	125
Figure 60 Diagramme présentant la teneur de TiO_2 en fonction de celle en P_2O_5 dans les formations de fer..	126
Figure 61 Image en électrons rétrodiffusés au MEB d'argiles dans les formations de fer.....	127
Figure 62 Concentration normalisée par la teneur moyenne en Al, Ce et Ba du forage 2010-124.....	129
Figure 63 Normalisation de la contamination dans les formations de fer entre un petit dyke et un dyke épais.....	131
Figure 64 Étape de déformation du terrane de Gagnon en cinq étapes.....	272
Figure 65 Structure du Mont-Wright..	272
Figure 66 Structure détaillée du Mont-Wright, avec une faille recoupant le gisement.....	274
Figure 67 Modélisation du gisement qui démontre la relation de déformation entre l'amphibolite et la formation de fer.....	276

Figure 68 Évidence macroscopique de déformation dans le Terrane de Gagnon	277
Figure 69 Présence de boudins dans la formation de fer sur une paroi de la mine du Mont-Wright.	278
Figure 70 Représentation structurale microscopique du Terrane de Gagnon.	279
Figure 71 Évidence de rotation d'un grenat dans la lame 4a.	280
Figure 72 Champs de stabilité des minéraux du titane.....	282

Liste des tableaux

Tableau 1 Différence et similarité entre les dépôts du type Lac Supérieur et Algoma	13
Tableau 2 Résultats d'analyse du forage 2011_08.....	24
Tableau 3 Résumé de la colonne stratigraphique de la Fosse du Labrador	32
Tableau 4 Types de contact avec le nombre de contacts échantillonnés ainsi que les numéros de contacts associés	47
Tableau 5 Données du LA-ICP-MS pour les analyses du matériau de référence GSD-1G mesuré durant les expérimentations.....	51
Tableau 6 Comparaison entre les valeurs du matériau de contrôle de qualité KPT-1 et les analyses du laboratoire.	55
Tableau 7 Comparaison des écart-types relatifs de résultats d'analyses à 40, 60 et 120 secondes au même endroit analysé par le HHXRF	57
Tableau 8 Différence entre les 2 types d'amphibolites	69
Tableau 9 Tableau des analyses de roches totales des éléments majeurs dans les formations de fer. Les échantillons sont regroupés par minéralogie dominante	78
Tableau 10 Résultats d'analyses des éléments mineurs et traces de roches totales des formations de fer.	80
Tableau 11 Tableau des résultats d'analyse des éléments majeurs des amphibolites.	81
Tableau 12 Tableau des résultats d'analyse des éléments mineurs des amphibolites.....	84
Tableau 13 Résultats d'analyse du LA-ICP-MS de l'hématite et la martite.....	90
Tableau 14 Résultat d'analyse des plagioclases altérés de la lame 8e	93
Tableau 15 Tableau de comparaison entre les valeurs moyennes non-contaminées du Mont-Wright et la valeur moyenne des échantillons contaminés près du contact avec une amphibolite	94
Tableau 16 Tableau résumé des différentes caractéristiques des formations de fer autour du monde.....	96
Tableau 17 Résumé des résultats d'analyse des éléments majeurs du minerai de fer du gisement chinois d'Anshan	97
Tableau 18 Résumé des analyses en éléments traces du gisement d'Anshan.....	99
Tableau 19 Analyses en éléments majeurs de la formation de Sokoman	101
Tableau 20 Analyses en éléments majeurs du shale de Menihek	108
Tableau 21 Éléments mineurs du shale de Menihek.....	109
Tableau 22 Résumé des résultats d'analyses chimiques de roches ignées de la fosse du Labrador	111
Tableau 23 Résumé des analyses du HHXRF du trou 2010_124 à proximité avec une grosse amphibolite (plus de 1 m) et avec une petite amphibolite (10 cm)	131
Tableau 24 Bilan de masse des formations de fer.....	134

Chapitre 0 : Introduction

0.1 Problématique

Le fer est l'un des métaux les plus abondants sur la planète que l'on retrouve principalement dans des gisements sédimentaires d'origine chimique composés d'au moins 15% de minéralisation (principalement de l'hématite ou de la magnétite). On retrouve des dépôts dans plusieurs régions du monde, qui correspondent au positionnement d'anciens grands bassins océaniques, ce qui provoque dans la plupart des cas de grandes continuités latérales, comme dans la fosse du Labrador (Jébrak et Marcoux, 2009). Le dépôt du fer se retrouve dans quatre faciès différents, soit les oxydes, les carbonates, les silicates et les sulfures, qui dépendent de la profondeur de déposition, ainsi que du pH et Eh (Eichler, 1976). Le fer est souvent déposé avec de la silice par un phénomène de floculation. Il existe deux types de gîtes sédimentaires pour les dépôts de fer, soit le type Lac-Supérieur et le type Algoma (Tableau 1). Les gisements les plus riches au monde ont souvent été enrichis grâce à une altération supergène (Jébrak et Marcoux, 2009).

Tableau 1 Différences et similarités entre les dépôts du type Lac-Supérieur et Algoma (Jébrak et Marcoux, 2009)

	Lac Supérieur	Algoma
Lieu	Bassin	Ceinture volcano-sédimentaire
Époque	Protérozoïque. Surtout de 1.9 à 2.3 Ga	Archéen. Surtout antérieur à 2.6 Ga
Associés à...	Grandes ouvertures de bassin, plateforme continentale	Ceinture volcano-sédimentaire, plus de 100 m de profondeur
Minéraux importants	Hématite, magnétite, silicate, carbonate	Hématite, magnétite, sulfure
Altération	Oxydation	Oxydation
Encaissant	Chert, quartz, dolomie, shale noir	Chert, schiste carbonaté, andésite-basalte
Taille	100 à 1000 km	Quelques km

La majorité des grands gisements mondiaux sont connus, principalement ceux avec une teneur élevée (supérieure à 50%Fe) comme en Australie et au Brésil (Angerer et al, 2013). Les gisements à haute teneur («direct shipping ore (DSO)») sont des gisements riches en fer (teneur supérieure à 60% fer, aucune concentration requise) souvent davantage contaminés à cause de la circulation de fluides hydrothermaux qui ont enrichi le minerai, mais qui ont aussi amené des éléments indésirables, dits contaminants, comme l'aluminium, le titane, le manganèse etc. (Angerer et al, 2013). Contrairement au «DSO», il existe des gisements moins riches qui ont besoin d'être concentrés avant d'être utilisé, mais qui ont des caractéristiques minéralogiques et chimiques intéressantes pour l'industrie. En effet, la demande en acier de haute technologie ne cesse de grandir avec l'industrialisation. La principale caractéristique de cet acier est l'utilisation d'un concentré de fer très pur, avec peu d'éléments contaminants (Angerer et al, 2013).

Certains gisements demeurent concurrentiels malgré leur teneur plus faible en fer grâce à leurs plus faibles concentrations en contaminants. Le Mont-Wright (Fermont, Québec) fait partie de cette catégorie de gisement. Une nouvelle problématique fait cependant son apparition sur le site minier. En effet, pour continuer son expansion, l'entreprise devra exploiter dans les prochaines années des zones où la concentration (contamination) en aluminium, titane et phosphore est plus importante que celles tolérées historiquement. Les géologues de la mine Mont-Wright suggèrent que l'amphibolite, une unité lithologique liée stratigraphiquement à la formation de fer, amènerait cette contamination. La nature des amphibolites n'est pas établie avec certitude; il pourrait s'agir de coulées de lave intercalées avec les formations de fer, de dyke de diabase ou de roches sédimentaires métamorphisés. L'hypothèse que l'amphibolite serait la source de la contamination était amenée par des corrélations statistiques, mais peu d'observations de terrain permettent de le confirmer. Sur ces bases, l'entreprise *ArcelorMittal* doit aussi étudier cet aspect pour continuer de fournir à ses clients un produit de haute qualité.

Le présent projet a pour but de comprendre la relation entre les amphibolites, les formations de fer et la contamination.

0.2 Localisation du projet

La mine du Mont-Wright, qui est l'une des plus grosses exploitations à ciel ouvert en Amérique du Nord, se situe près de Fermont. La mine du Mont-Wright se situe à une latitude de 52°45.5'N et à une longitude de 67°21'O (ArcelorMittal Mines Canada, 2015). Le chapitre 1 détail la géologie régionale plus en détail.

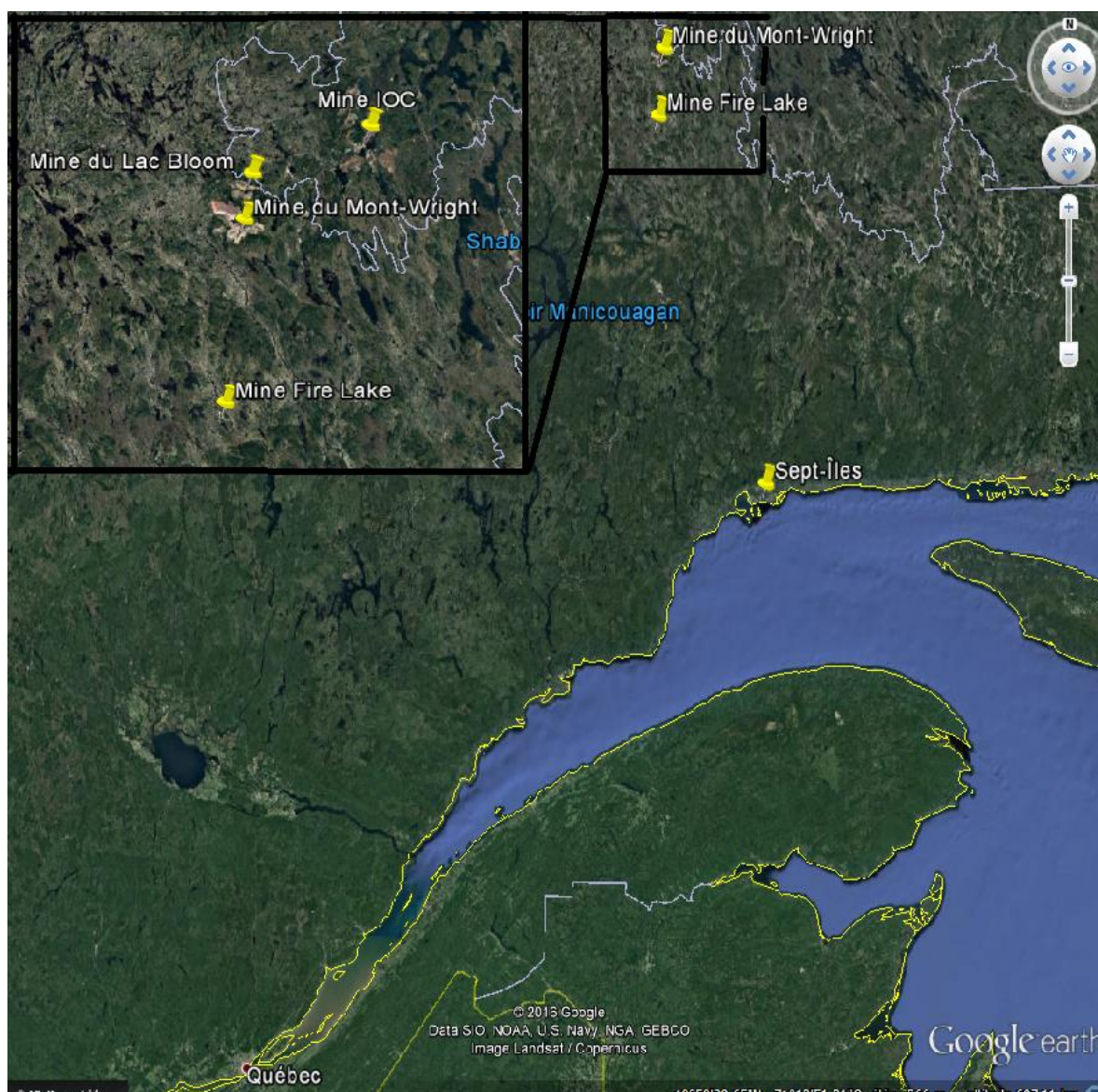


Figure 1 Localisation du Mont-Wright. Il se situe non loin de la frontière entre le Québec et le Labrador, au nord de Sept-Îles. De nombreuses mines de fer sont localisées dans le même secteur.

Le Mont-Wright ne fait pas directement partie de la Fosse du Labrador mais il est en fait la continuité de celle-ci. Il se retrouve davantage être dans la zone para-autochtone du Grenville (le terrane de Gagnon). En effet, Rivers et al. (1989) avaient pu déterminer que les

unités lithologiques de la Fosse du Labrador se retrouvent aussi dans le terrane de Gagnon. Le terrane correspond à une section de la Fosse du Labrador qui a été modifiée par l'orogène grenvillienne.

La mine couvre une superficie de 24 km². Il y aurait pour plus de 725 millions de tonnes de réserve à environ 30% de fer (*ArcelorMittal* Mines Canada, 2015). La mine compte plusieurs fosses reliées par un réseau d'intersections et de chemins. La figure 2 démontre l'emplacement des différentes fosses. La ville de Fermont, ainsi que le secteur non-exploité de Moiré-Daigle se retrouve au nord-est de la mine.



Figure 2 Localisation des fosses de l'exploitation minière du Mont-Wright.

0.3 Volume contaminé

La section ci-dessous a pour but d'établir une estimation des gains potentiels si le problème relié aux contaminants était résolu. Il s'agit d'un appui pour démontrer l'importance de la contamination sur le site minier. En effet, lorsque les contaminants sont plus élevés que la teneur de coupure, le minerai est classé comme du stérile et n'est pas exploité. Il en découle donc une perte monétaire liée aux non-traitements du minerai et au déplacement de ce stérile. Une meilleure définition des zones contaminées pourrait être un avantage économique. Il est intéressant de mentionner que les échantillons de carottes de forage analysés font 6m de long et que des blocs modèles sont produits à partir de ses analyses. La présence d'une contamination dans une faible proportion du bloc modèle amène la stérilisation du bloc complet. La figure 3 représente un graphique où, en supposant qu'une section est contaminée avec 2% de TiO_2 et en admettant la teneur critique du bloc modèle à 0,5% TiO_2 , 25% de bandes contaminées suffisent à faire considérer le bloc complet comme étant stérile, où 75% de matériel pourrait être exploité.

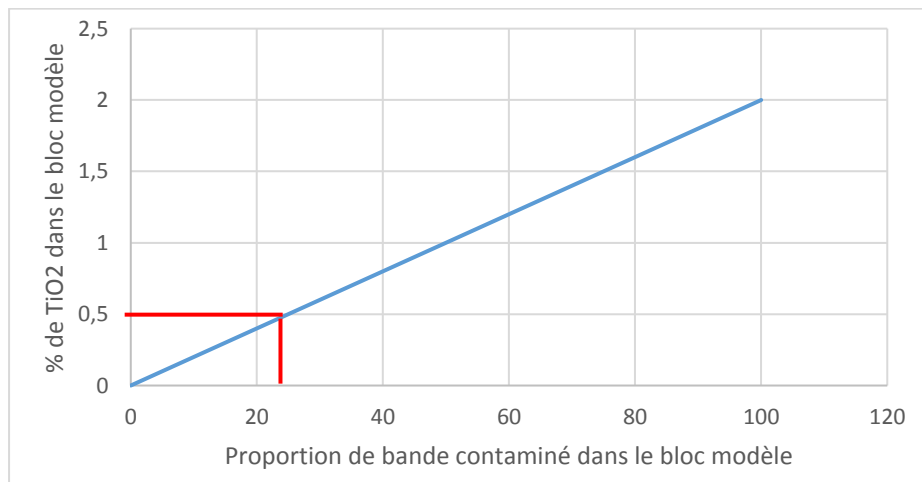


Figure 3 : Graphique de l'influence de l'étendue de la contamination sur la stérilisation d'un bloc

Par contre, la tolérance de l'entreprise à la quantité de titane est élevée si le volume de lithologie contaminé est faible. La figure 4 démontre pour 10% de matériel contaminé, il faut que la teneur en TiO_2 soit de 5% pour que le bloc modèle soit considéré comme stérile.

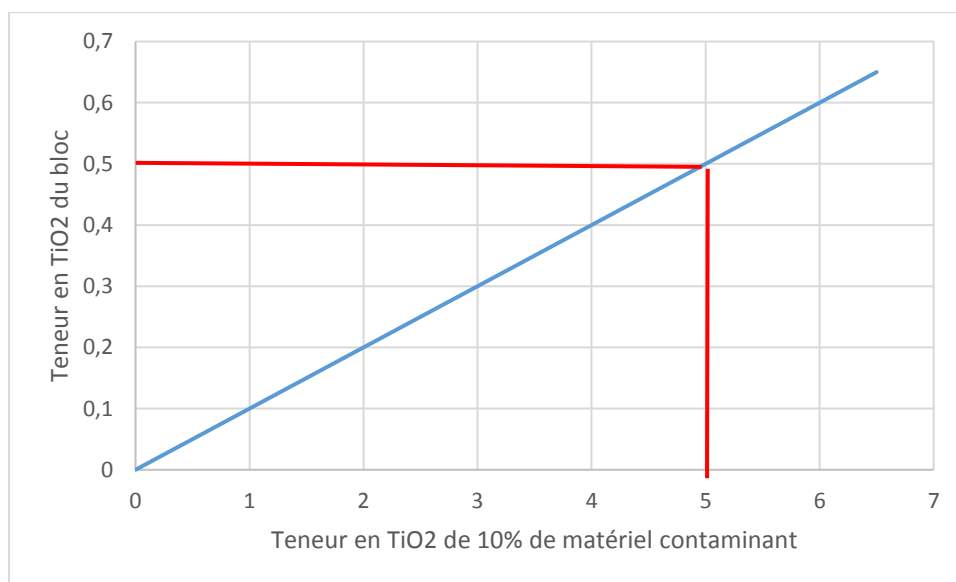


Figure 4 : Graphique de tolérance au matériel contaminant

Pour évaluer la perte que représentent la stérilisation des blocs et la contamination, le bloc modèle dans Surpac (logiciel de modélisation; Dassault Systèmes Geovia, Villacoublay, France) a été utilisé par l'étudiante et les géologues de la mine. Les simulations démontrent en bleu le minerai de fer (Fe supérieur à 15%). Le blanc représente la perspective (le fond des fosses, les bancs, etc.). Les deux premières figures démontrent tout le minerai disponible (Figure 5 et 6).

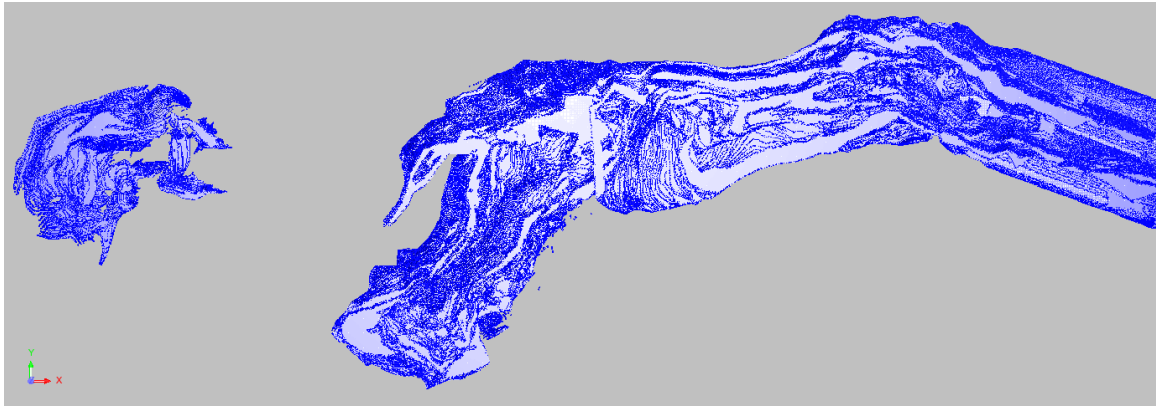


Figure 5 Modèle de la zone minéralisée du Mont-Wright vue du ciel. La représentation en bleu correspond au fer exploitable. Figure modélisée en entreprise en 2014.

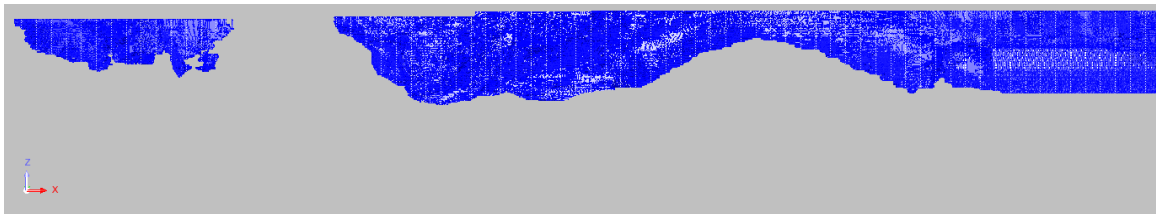


Figure 6 Modèle de la zone minéralisée du Mont-Wright vue en coupe. La représentation en bleu correspond au fer exploitable. Figure modélisée en entreprise en 2014.

Maintenant, en y ajoutant les contraintes de teneur de coupure pour les contaminants, soit aluminium, manganèse, titane et phosphore voyons le résultat (Figure 7 et 8).

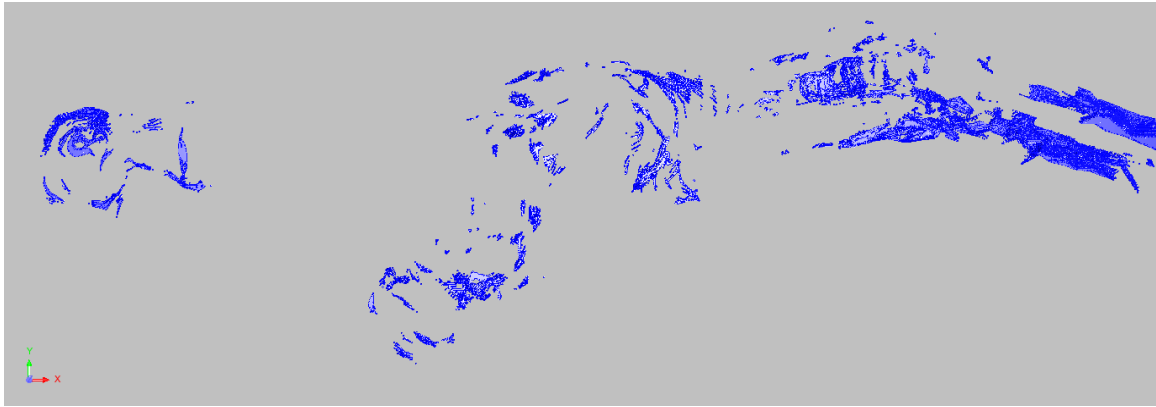


Figure 7 Modèle de la zone minéralisée du Mont-Wright vue du ciel. Les sections visibles en bleu correspondent à du fer identifié comme stérile à cause des contaminants. Figure modélisée en entreprise en 2014.

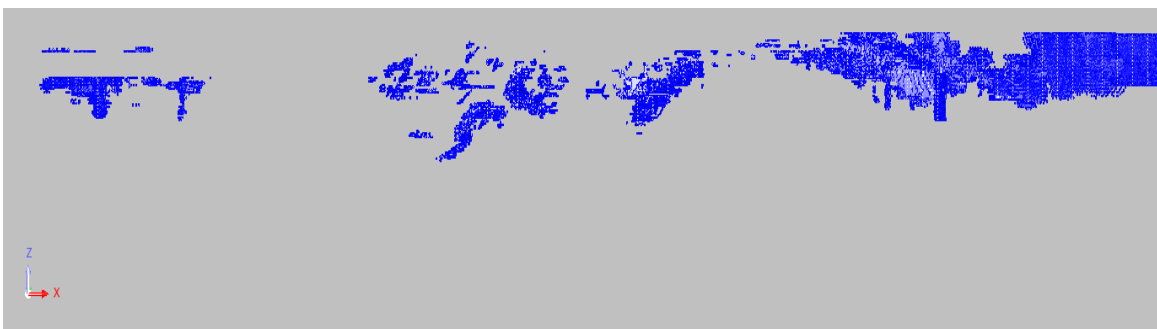


Figure 8 Modèle de la zone minéralisée du Mont-Wright vue en coupe. Les sections visibles en bleu correspondent à du fer identifié comme stérile à cause des contaminants. Figure modélisée en entreprise en 2014.

Il est possible de remarquer que la quantité de contaminants semble non négligeable par rapport au gisement. De plus, en se déplaçant vers l'est du gisement, l'augmentation des contaminants est davantage visible. Cela s'explique par la proximité avec le faciès à silicates de fer près du lac Moiré-Daigle. En effet, en utilisant les rapports à l'aide du logiciel Surpac, il a pu être établi qu'il y a à ce jour 249 millions de tonnes de roche considérée comme du stérile, mais dont la teneur est estimée à plus de 15% de fer (donc possiblement exploitable).

Considérant que 2,6 tonnes de minerai brut sont équivalentes à 1 tonne de concentré, il y a donc plus de 95 millions de tonnes de concentré de fer de perdues. Donc, la perte des contaminants représente environ 2,57%. Compte tenu du fait que présentement, la mine du Mont-Wright produit environ 24 millions de tonnes par année, traiter ce minerai représenterait environ 4 ans d'exploitation supplémentaire.

0.4 Relation amphibolite-minerai

Les géologues du Mont-Wright avaient déjà pu établir une certaine corrélation entre l'unité d'amphibolite et la contamination en aluminium et en titane. Cependant, plusieurs questions demeurent quant à la nature et les influences possibles des amphibolites. En effet, lors d'une contamination en aluminium et en titane, l'amphibolite semble souvent au contact avec le minerai de fer (corrélation spatiale). La représentation d'une section du gisement a été effectuée à l'aide du logiciel Surpac par l'étudiante et les géologues de la mine (Figure 9) et démontre une section du gisement qui tend à confirmer la relation spatiale entre la contamination des formations de fer et la présence de bandes d'amphibolite.

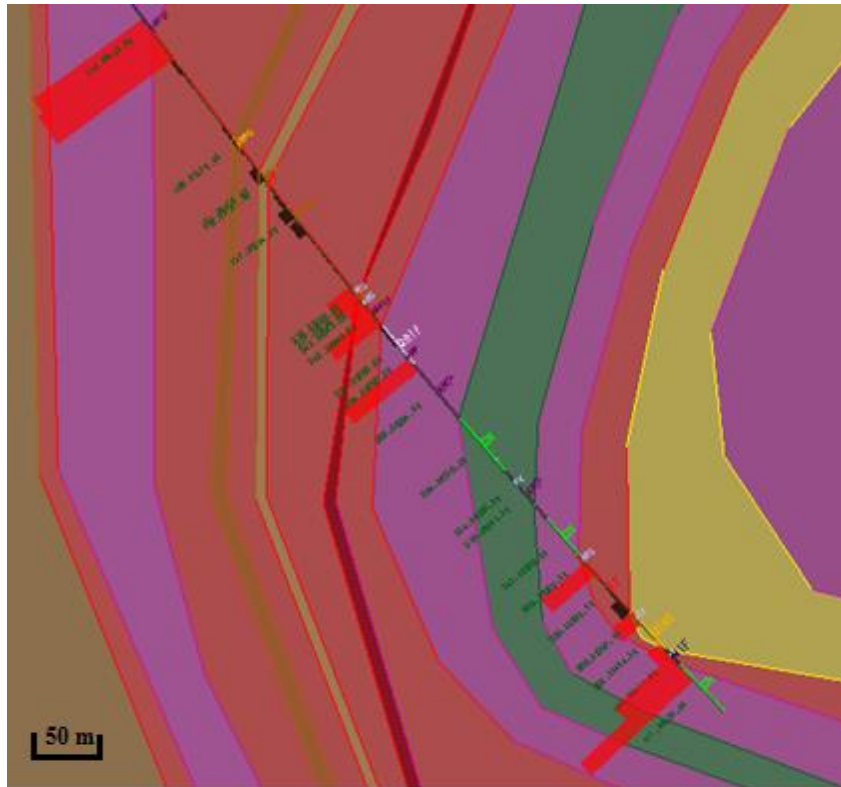


Figure 9 Section verticale d'une partie du gisement (Secteur Paul's Peak). Les unités stratigraphiques sont représentées par différentes couleurs, soit le rouge pour la formation de fer, le mauve pour l'amphibolite, le vert pour le gneiss et le brun-jaune pour le mica-schiste. Il est possible d'observer une relation directe entre la contamination en titane (bande rouge) et la présence de bandes d'amphibolite.

Il est possible de remarquer que la contamination en titane est importante près de l'amphibolite. Cependant, cette unité ne semble pas expliquer à elle seule toute la contamination. En effet, aucun lien spatial n'a été recensé entre l'amphibolite, le manganèse et le phosphore. De plus, il a pu être observé, à l'aide du logiciel Surpac, que certaines amphibolites semblent contaminer le fer en titane et que d'autres semblent avoir peu d'influence. Voici l'exemple du forage 2011_08 (Tableau 2) situé à proximité de l'amphibolite (AMP), où seule une faible contamination en aluminium près du contact (0,13% versus 0,08% Al_2O_3) avec la formation de fer (FFR) a été observée.

Tableau 2 : Résultats d'analyses du forage 2011_08, avec seulement une faible contamination en aluminium dans la formation de fer à proximité de l'amphibolite

De (m)	À (m)	Al₂O₃ (%)	TiO₂ (%)	Lithologie	Distance d'une AMP
362,90	368,70	15,00	3,09	AMP	
368,70	375,00	0,13	0,02	FFR	0 à 6,00
375,00	381,00	0,08	0,01	FFR	6 à 12,30
381,00	387,00	0,08	0,01	FFR	12,30 à 18,30

C'est ici que le projet prend son importance en tentant de comprendre l'influence des bandes d'amphibolites sur la contamination du minerai. L'étude des contacts et des relations morphologiques entre la formation de fer et l'amphibolite serviront à expliquer le phénomène.

De plus, une autre unité lithologique, le schiste à quartz et micas (appelé « quartz-rock-micas-schiste » (QRMS)) semble elle aussi amener un haut taux de contamination en titane et en aluminium. Il est possible d'observer une augmentation du TiO₂ aux endroits où il y a une bande de QRMS (Figure 10).

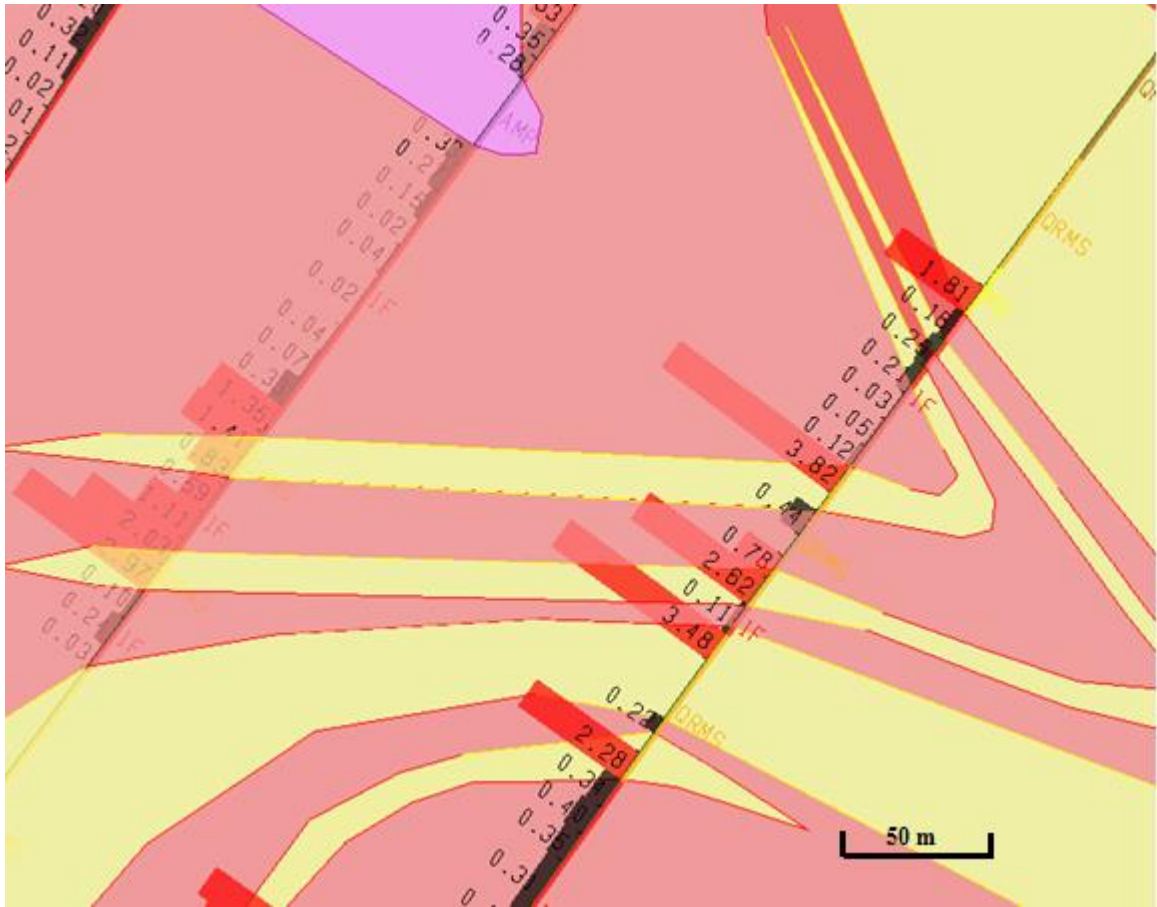


Figure 10 Section verticale du gisement montrant une contamination en titane à proximité d'un mica-schiste à quartz (Secteur pit B). Les unités rouges sont des formations de fer et les unités jaunes représentent des micas schiste avec quartz.

À l'été 2013, des grains d'ilménite ont été découverts à même la formation de fer (H. Longuépée, communication personnelle, 2013). Donc, il faut amener l'hypothèse selon laquelle la contamination en titane ne provient pas uniquement de l'amphibolite, mais qu'elle soit aussi interne aux formations de fer. L'ilménite pourrait provenir d'une contamination par réaction métamorphique, des fluides hydrothermaux associés aux amphibolites, des fluides hydrothermaux tardifs, etc. Bien qu'il soit possible de trouver des traces de titane dans

les formations de fer sédimentaire, le titane trouvé avec des oxydes de fer est davantage associé aux gisements volcaniques (Jébrak et Marcoux, 2009).

0.5 But et hypothèses du projet

Le but du projet est de mieux comprendre l'influence des amphibolites sur la qualité du minerai de fer. Les amphibolites pourraient avoir contaminé le minerai de plusieurs façons : s'ils sont d'origine ignée, par hydrothermalisme associé à des dykes, par injection de veinules d'amphibolite dans le minerai et par des contacts amphibolite/minerai complexes ou graduels. S'ils sont d'origine sédimentaire, par métamorphisme et/ou métasomatisme de contact, par déformations structurales complexifiant les contacts etc.

Plusieurs hypothèses ont été émises dont:

- La nature ignée ou sédimentaire des amphibolites doit être établie. Grâce à la minéralogie, à des analyses chimiques et à la géologie structurale, il sera possible de déterminer la nature ainsi que le système de mise en place des amphibolites. Si l'amphibolite est de nature ignée, les éléments compatibles seront abondants et les éléments incompatibles peu abondants par sa composition mafique. Si la roche est de nature sédimentaire, elle sera riche en éléments compatibles et incompatibles. De plus, une roche sédimentaire pourrait contenir des évidences minéralogiques comme des carbonates ou des minéraux associés aux évaporites. Cependant, vu le haut grade métamorphique, ces minéraux n'auraient sans doute pas survécu. Il existe des cas semblables à celui du Mont-Wright

avec la présence d'une unité métamorphisée complexe dans la formation de fer. En effet, on retrouve en Chine, dans la formation de fer d'Anshan, des amphibolites et des schistes (Sun et al, 2013). Ce gisement comporte de nombreuses similitudes avec celui du Mont-Wright, dont une minéralisation en oxyde de faible teneur, un métamorphisme important variant de schiste vert à granulite et une déformation intense. À l'aide d'analyses chimiques de type ICP-MS, Sun et al (2013) ont pu être établir que les amphibolites sont des roches d'origine volcanique et que les schistes étaient à l'origine des pélites.

- La nature des contacts influencerait le degré de contamination, par exemple, un contact graduel amènerait des minéraux des amphibolites à l'intérieur du minerai à l'opposé d'un contact net. De la même façon, une altération ou un métasomatisme de la zone de contact serait source de contaminants dans le minerai. Pour valider cette hypothèse, une étude minéralogique et chimique de différents contacts sera faite.
- L'ilménite observée à même la formation de fer, si elle est répandue, se serait probablement formée à une époque ultérieure et amènerait une contamination. Il est possible de retrouver de l'ilménite avec des oxydes de fer, mais il s'agit d'un phénomène plus répandu dans les gisements magmatiques que les gisements sédimentaires (Jébrak et Marcoux, 2009). L'étude minéralogique, structurale et chimique pourra sans doute nous permettre d'en apprendre davantage sur l'origine de l'ilménite. Il y a plusieurs options sur l'origine de celle-ci dans la formation de fer : contamination par les amphibolites ou un enrichissement par lessivage. Hébert et Gauthier (2007) proposent que le titane s'enrichisse par lessivage local du fer lors du métamorphisme. Lorsque le lessivage est complet, on retrouve des grains d'oxyde de titane complètement formés. Lorsque le lessivage est partiel, on retrouve des exsolutions.

- Dans le cas où il y aurait plusieurs générations d'amphibolites, certaines amèneraient plus de contamination que d'autres. Donc, plusieurs échantillons seront comparés. Les mises en place d'un protolithe à différentes époques pourraient avoir des compositions chimiques et minéralogiques varié. Les styles de mise en place pourraient également varier selon l'époque géologique. En effet, si les amphibolites sont pré-déformation, alors, les minéraux auront une fabrique suivant les contraintes de déformations. Donc, de la biotite et de la hornblende se retrouveraient bien alignées et produiraient des foliations. De plus, les unités auraient subi le même plissement que les autres unités lithologiques. Si l'intrusion s'est produite au même moment que la déformation, il y aura donc présence de fabriques contradictoires. Finalement, si les amphibolites sont post-déformation, alors, la fabrique devrait être très faible, voire inexistante, puisque les dykes n'auront pas subi de déformation (R. Daigneault, communication personnelle, 2013).
- Ensuite, l'aspect structural des amphibolites sera approché. En effet, l'assimilation des roches encaissantes, les contacts nets et francs ou graduels, une injection en milieu plastique ou cassant, une injection pré-, syn- ou post-déformation vont modifier les relations de contact amphibolites et formation de fer. Il est donc proposé d'étudier le comportement des amphibolites au niveau de leur fabrique, pour ainsi mieux comprendre leur histoire. Ensuite, une étude structurale des contacts et du comportement des amphibolites sera effectuée afin de repérer des comportements tels que la présence de boudins, de failles, de plissement, etc. Par exemple, la présence de boudins indiquerait la présence d'une unité au cœur plus compétente que l'unité externe du boudin. Si des clivages de fractures sont observés, cela signifie que l'unité subissant le clivage serait plus compétente que l'unité externe.

- Finalement, l'épaisseur de l'amphibolite influencerait la contamination. De plus grandes unités contamineraient davantage la formation de fer que les petites unités d'amphibolites. Effectivement, un dyke épais a une plus grande capacité thermique et d'altération que les dykes minces. Pour valider cette hypothèse, une étude comparative entre le taux de contamination et l'épaisseur des dykes sera effectuée.

Chapitre 1 : Contexte géologique

1.1 Géologie régionale

Le gisement du Mont Wright est localisé dans la province géologique du Grenville, mais dans des unités interprétées comme la continuité de la Fosse du Labrador (Rivers et al. 1989). Selon Clark et Wares (2004), la région de la Fosse du Labrador (Figure 11) est localisée dans la province géologique du Supérieur au nord de la province du Grenville. La limite entre les deux provinces géologiques se situe au nord de Fermont. Elle est datée du paléoproterozoïque (entre 2.17 et 1.87 Ga) et elle a été séparée en 11 régions, délimitées par des failles de chevauchement. Il y aurait plus de 65 indices de gisements de fer dans la fosse du Labrador et de ce nombre, 10% seraient de type « fer enrichi » (Clark et Wares, 2004).

La figure 11 démontre l'étendue de la fosse du Labrador sur plus de 1200 km de long sur 160 km de large (Clark et Wares, 2004).

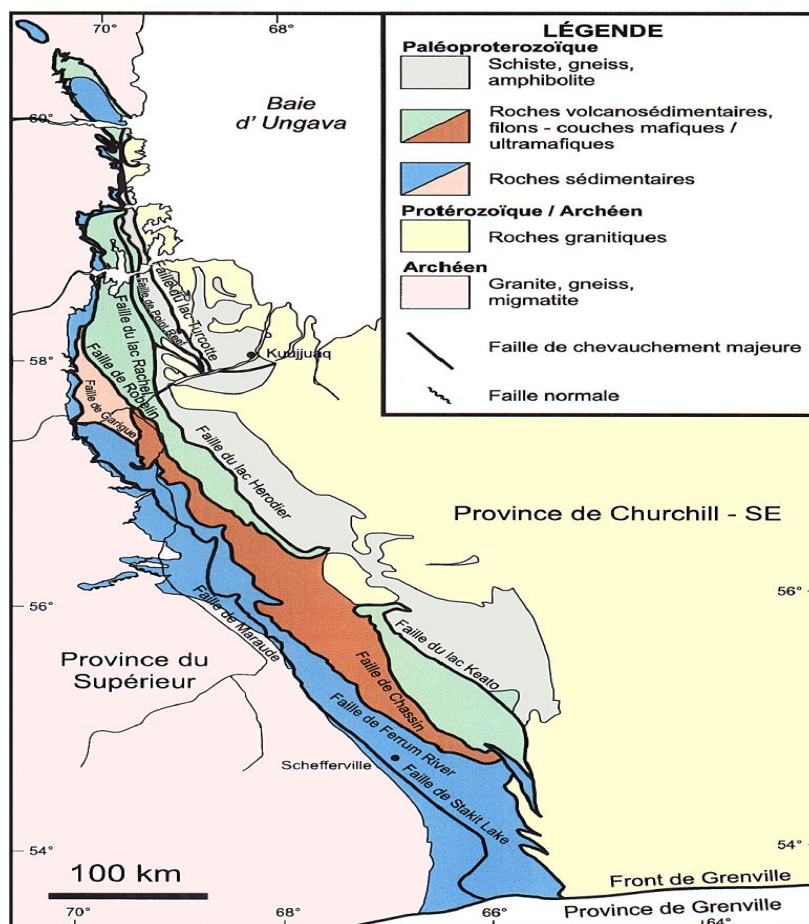


Figure 11 Géologie de la Fosse du Labrador avec des unités sédimentaires à l'ouest et des unités volcano-sédimentaires à l'est, tiré de Clark et Wares 2004.

La stratigraphie simplifiée de la fosse du Labrador (Tableau 3) est composée de la formation de Wishart, qui contient principalement de la quartzite ; la formation de Ruth, formée de mudstone, de grès et de chert; la formation de Menihek composé de mudstone (présence de quelques gisements de graphite) et la formation de Sokoman qui contient des formations de fer (Clark et Wares, 2004).

Tableau 3 : Résumé de la colonne stratigraphique de la Fosse du Labrador (Modifié de Chung et al, 2015)

Formation	Unité pétrographique	Cycle de déposition
Shabogamo, Montagnais, Michael...	Méta-gabbro	3
Menihek	Mudstone	3
Sokoman	Formation de fer	2
Ruth	Mudstone, Grès, Chert	2
Wishart	Quartzite	2
Attikamagen	Gneiss granitique	1

La mise en place des roches de la Fosse du Labrador s'est faite en trois étapes selon Clark et Wares (2004). En effet, c'est un phénomène de rift océanique qui a séparé le socle archéen. Une plate-forme marine se développe et c'est à ce moment que le premier cycle de dépôt débute (Figure 12). Il s'agit principalement des roches sédimentaires comme des conglomérats, des grès, des dolomies, etc. en discordance avec un socle archéen. Il y a aussi des roches volcaniques formées par des épisodes intenses de volcanisme situés approximativement sur l'axe du rift. Les nombreux bouleversements chimiques à l'ouest amènent l'environnement à devenir transitoire entre oxydant à réducteur, ce qui déplace le dépôt des premières traces de fer dans la fosse. La zone est étant plus profonde, les conditions étaient plus réductrices et ont permis le dépôt de shale légèrement ferreux (Clark et Wares, 2004). Le premier cycle se termine avec le groupe d'Attikamagen (Figure 12). Le deuxième cycle de dépôt correspond à celui des formations de fer. Des modifications chimiques dans l'océan auraient amené le fer à ne plus être soluble et à précipiter. Il s'agit donc de sédiments de plateforme comme des shales et des formations de fer rubanés. Des filons-couches recoupent les deux premiers cycles et proviennent d'un volcanisme simultané avec le dépôt.

Enfin, un troisième cycle, ayant épuisé les ressources de fer dans les océans, forme des unités sédimentaires de type molasse accompagné de grès et de quelques stromatolites. Ceux-ci amènent l'idée que l'eau était chaude et peu profonde dans certains secteurs. Puis, plusieurs centaines de millions d'années plus tard, ce même rift s'est refermé pour former une chaîne de montagnes (Figure 12). C'est durant l'épisode de rifting que les sédiments marins contenus dans l'océan ont pu se déposer (Clark et Wares, 2004). L'une des caractéristiques de la fosse est qu'il n'y a pas de croûte océanique préservée et donc, qu'il n'y a pas d'ophiolite.

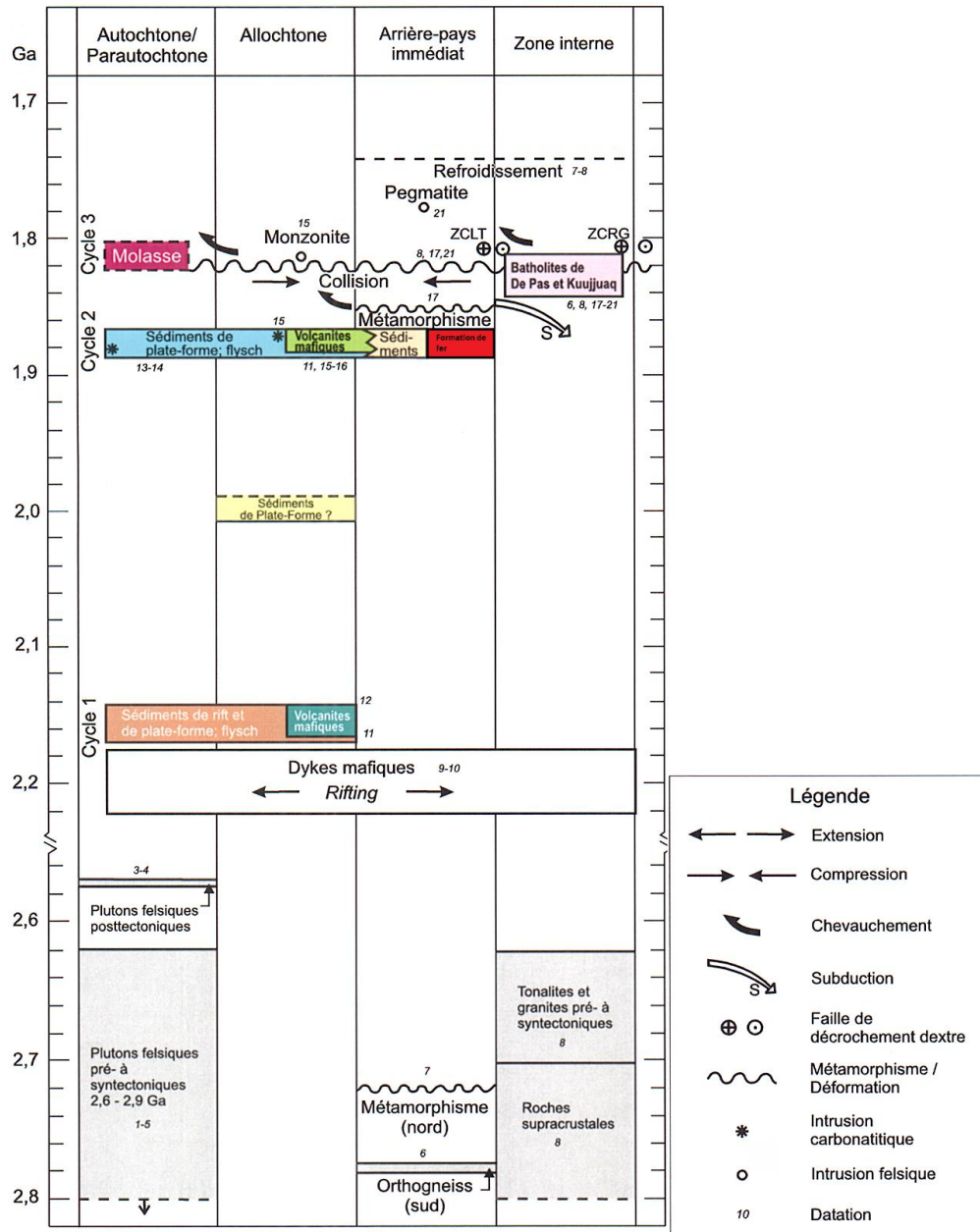


Figure 12 Représentation de l'évolution géologique de la Fosse du Labrador. Le cycle 1 se produit après le rift et ce sont principalement des sédiments de plate-forme qui sont déposés. Le cycle 2 produit aussi des sédiments, interlités avec des unités volcaniques. C'est le cycle où les formations de fer se déposent principalement. Le métamorphisme se produit ensuite avant le cycle 3, qui est composé majoritairement de molasse. Modifié de Clark et Wares 2004.

Le terrane de Gagnon, localisé dans la province géologique du Grenville au sud de la Fosse du Labrador a subi au moins trois déformations provoquées par l’orogène hudsonienne et l’orogène grenvillienne (Chung et al, 2015). C’est pourquoi les terrains sont déformés et métamorphisés au faciès schiste vert à granulite. Le métamorphisme est un avantage non-négligeable pour un gisement puisqu’il augmente la granulométrie de certains minéraux, comme de l’hématite et de la magnétite dans le cas présent. Le passage métamorphique de la magnétite à l’hématite peut également être un facteur d’amélioration du minerai en diminuant les contaminants (Angerer, 2012). De plus, le plissement amène souvent un épaissement aux charnières améliorant la valeur économique du gisement (Eckstrand et al, 1995).

Il y a eu des stades intenses de déformation qui ont généré le plissement primaire du gisement. De nombreuses failles tardives ont aussi été observées sur le site minier, qui pourrait amener des mouvements et des déformations plus mineures (Gross et Strangway, 1961). Selon Gross et Strangway, il y aurait eu une première phase (orogène du Nouveau-Québec) de déformation avec des contraintes orientées vers le nord-ouest et une deuxième phase qui a formé des ceintures linéaires de l’est vers le nord-est, parallèle à la structure majeure qui a été développée durant l’orogène Grenvillienne. La deuxième phase serait liée à cet orogène et la première phase serait probablement liée à la déposition des gisements. Le lessivage, provoqué par le passage de nombreux fluides, a été très important au Crétacé a permis l’enrichissement du fer dans le secteur de Schefferville.

1.2 Géologie du Mont-Wright

Selon Rivers et al. (1989), le Mont-Wright se situe dans le terrane de Gagnon (Figure 13), au sud du front du Grenville. Le gisement se retrouve dans la zone para-autochtone. Une zone para-autochtone est caractérisée par la transition entre une zone non-déformée (dit allochtone) et une zone déformée et déplacée tectoniquement (autochtone) (Foucault et Raoult, 2010). Les unités pétrographiques de la Fosse du Labrador sont conservées puisque Rivers et al. (1989) ont pu démontrer une continuité de ces unités dans le Grenville (Rioux, 2008). En 1983, Rivers et al. ont démontré que les unités lithologiques de la fosse du Labrador se poursuivaient dans la zone para-autochtone du Grenville, soit le terrane de Gagnon, où se situe le Mont-Wright (Rioux, 2008).

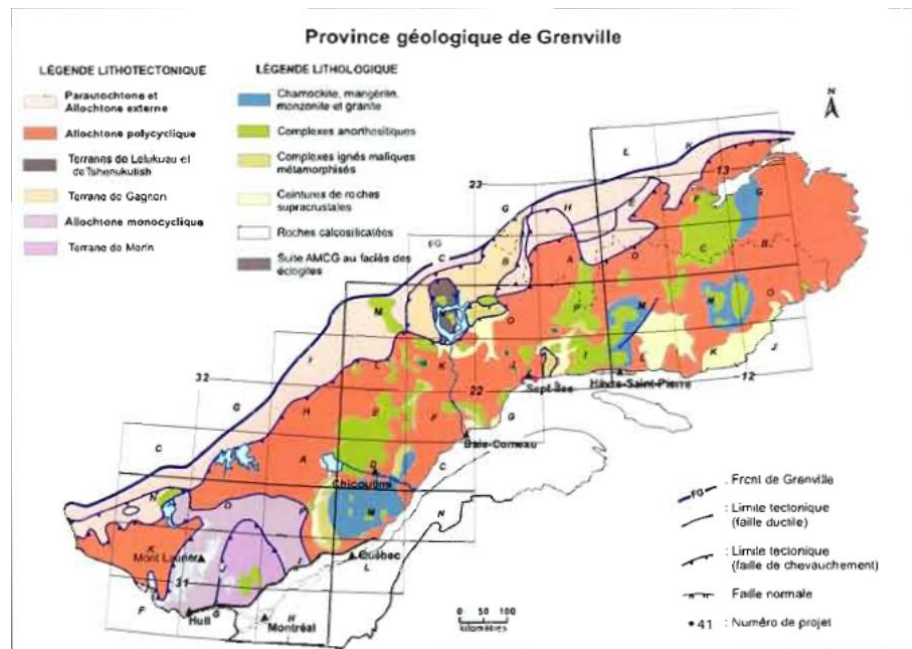


Figure 13 Géologie de la province géologique du Grenville. La section beige pâle représente le terrane de Gagnon où l'on retrouve le Mont-Wright. Tiré de Clark et Wares, 2004.

Comme le gisement est la continuité de la fosse du Labrador, celui-ci serait le résultat du dépôt d'unité sédimentaire sur le socle archéen (gneiss). Le gisement est de type Lac-Supérieur et puisque le ratio Qz/O est élevé, le Mont-Wright est associé à un système de sédimentation en bord de plage (AMEC, 2012). Le gisement produit un grand synforme et les bandes minéralisées sont au milieu du gisement et sur les flancs sud et nord du synforme (WSP, 2016).

La région du Mont-Wright a été sujette à un métamorphisme important, au faciès amphibolite et au moins 2 étapes de déformations ont été établies (Gross, 1965), peut-être plus. Il y a en effet eu des stages intenses de déformation qui ont amené le plissement primaire important du gisement. De nombreuses failles tardives ont aussi été observées sur le site minier, qui pourraient amener des mouvements et des déformations plus mineures (Gross, 1965). Selon Gross, il y aurait eu un premier stage (orogène du Nouveau-Québec) de déformation orientée vers le nord-ouest et un deuxième stage qui a formé des ceintures linéaires de l'est vers le nord-est, parallèle à la structure majeure qui a été développée durant l'orogène Grenvillienne. Le deuxième stage serait lié à cet orogène et le premier stage serait probablement lié à la déposition des gisements. Une grande complexité structurale est donc présente sur le site minier et forme des plissements polyphasés qui ont produit l'épaississement des bandes de fer. Les bandes d'amphibolites sont concordantes avec les bandes de fer et sont donc antérieures au plissement.

1.3 Lithologies observées au Mont-Wright

La région du Mont-Wright se compose majoritairement des équivalents métamorphiques des unités lithologiques mentionnées précédemment pour la Fosse du Labrador (Figure 14). Par contre, certaines variantes sont observées, par exemple la présence de la formation de Ruth n'est pas démontrée au Mont-Wright.

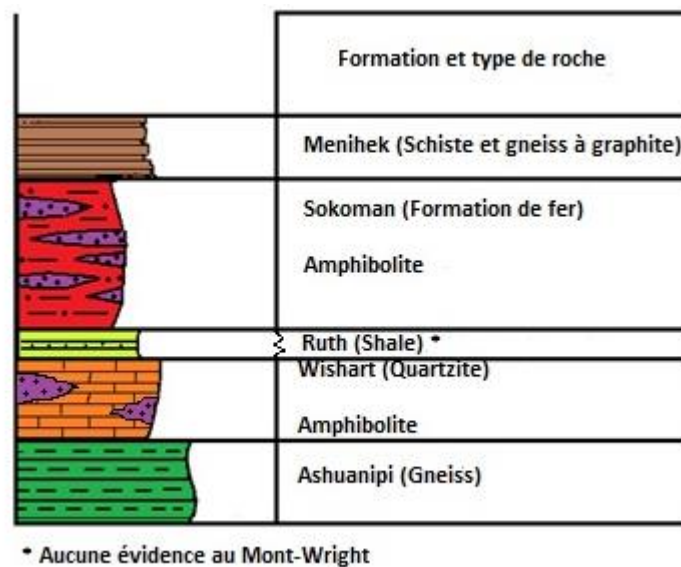


Figure 14 Stratigraphie simplifiée du Mont-Wright, modifiée de Chung et al, (2015).

À la base, il y a un socle fortement déformé : un gneiss mafique (Figure 15) qui correspond au Complexe d'Ashuanipi. Il est composé de feldspaths, de quartz, de minéraux mafiques accessoires, parfois de grenats et de micas dont principalement de la biotite. Localement on retrouve aussi du quartz avec une texture oeillée. La granulométrie est généralement fine et la couleur varie de vert-noir foncé à gris-beige pâle. La foliation est bien évidente, souvent micro-plissée avec une texture gneissique.



Figure 15 Photographie d'un gneiss retrouvé au Mont-Wright. La présence de grenats métamorphiques est évidente.

Ensuite, survient une autre discordance sur laquelle on retrouve la Formation de Wishart avec un quartzite presque pur. Son épaisseur varie entre 50 cm et 500 m (Rioux, 2008). Elle est parfois très importante dans la région de Fermont. Il est possible d'y retrouver jusqu'à 10% d'hématite, de biotite, de grenat, de muscovite, etc. (Rioux, 2008). Les quartzites sont de couleur variable passant par le blanc très pur au jaune, au rose et au bleu. Certaines zones de quartzite sont plus friables et la foliation est presque inexistante. Une variante est visible sur le site minier, qui pourrait correspondre à la formation de Wishart, est nommée schiste à quartz et micas, ce dernier a une couleur généralement verdâtre. La granulométrie de cette roche est généralement fine et la dureté est faible. La foliation y est souvent bien développée et on y retrouve entre 30 et 60% de micas.

Il y a ensuite la formation de fer de la Formation de Sokoman. La minéralisation se retrouve principalement sous forme d'oxyde de fer, comme la magnétite et l'hématite. Le fer y est important, bien que variable en teneur (15 à 50% de Fe_2O_3) dans plusieurs faciès, dont

le faciès à oxydes et le faciès à silicates. Dans le secteur spécifique du Mont-Wright, il s'agit principalement d'hématite spéculaire et de magnétite en quantité moindre. Plus à l'est du Mont-Wright, on commence à s'approcher du secteur à silicates de fer avec de la magnétite. La présence d'une bande de grunérite massive est utilisée comme indicateur de faciès dans la zone à silicates (St-Louis, Communication personnelle, 2013). Le secteur présente des gisements de fer facilement identifiables par relevé magnétique. En effet, la présence de magnétite provoque un champ induit qui se reflète sur une carte aéroportée (Figure 16) et qui permet de bien suivre les gisements. On peut ainsi remarquer les nombreux plissements et déformations.

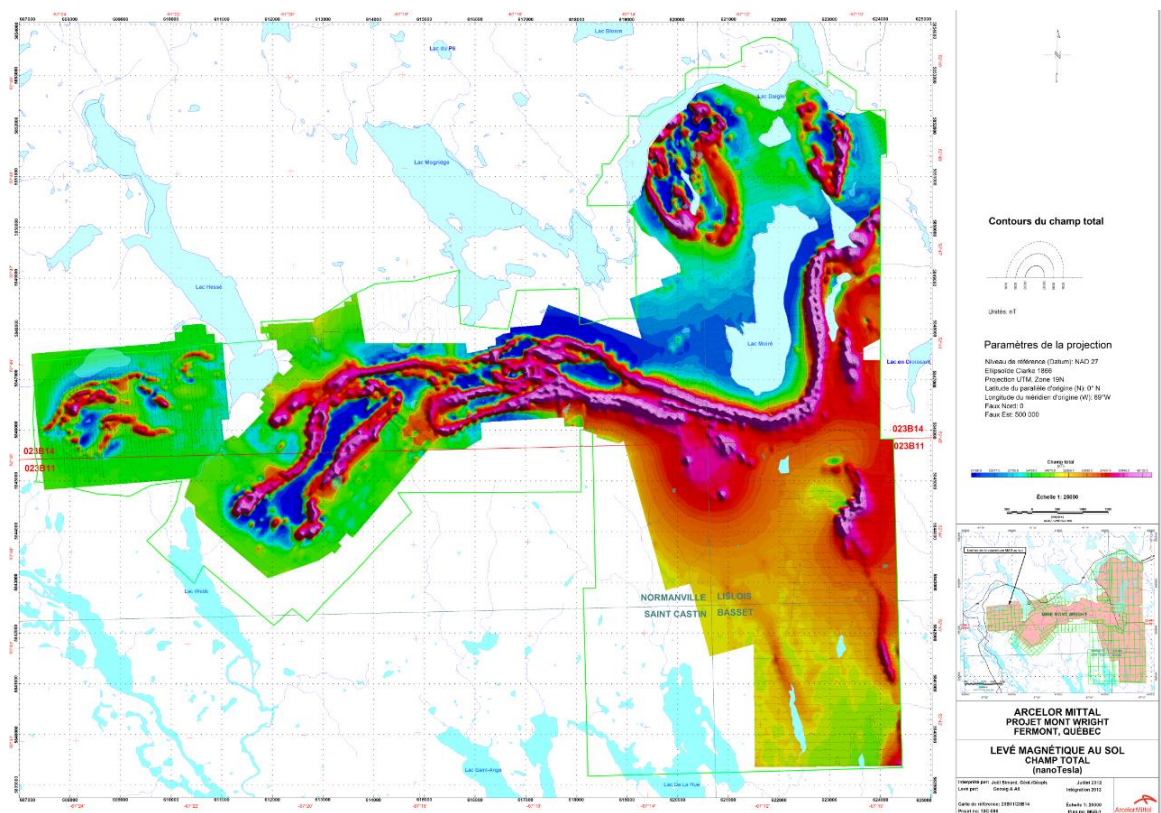


Figure 16 : Relevé aéromagnétique de la région du Mont-Wright. Une grande continuité latérale des unités en relief positif est observée et correspond aux formations de fer. ArcelorMittal Mines Canada, 2013.

Enfin, il y a l'amphibolite, qui correspond peut-être à la Formation de Shabogamo au Labrador (Guide maison du Mont-Wright, ArcelorMittal). Certains auteurs (Gross et Strangway 1961, Zodrow 1971, Rioux 2008) suggèrent qu'elle serait possiblement d'origine ignée et s'apparenterait plus à un gabbro. Sa composition minéralogique est variable, avec de la hornblende, de la biotite, des plagioclases, du grenat, de l'ilménite etc. Les amphibolites pourraient être d'origine ignée, car l'activité volcanique était présente surtout durant le 2^e cycle, jusqu'au dépôt du shale de Menihek ou pourrait être d'origine sédimentaire en étant le shale de Menihek métamorphisé (Chung et al. 2015). Or, si l'amphibolite correspond à la Formation du Menihek, la répétition dans la formation de fer devrait avoir une explication, par exemple un jeu de faille, le plissement, etc.

Une étude a de plus été réalisée sur les gabbros et les schistes du Lac Carol au Labrador (Zodrow, 1971). Ces gabbros semblent avoir de nombreuses similarités (minéralogie et géochimie) avec les amphibolites du Mont-Wright, mais aucune corrélation directe n'a été faite pour le moment. Le schiste est une roche métamorphisée à amphibole qui semble, comme au Mont-Wright, être interstratifiée avec les formations de fer. Les hypothèses de son origine sont soit un méta-sédiment, soit un gabbro à olivine altéré (Zodrow 1971). Le gabbro a été daté à $1\,600 \pm 130$ millions d'années et le schiste à 1050 ± 140 millions d'années (Zodrow, 1971). Il est possible d'avoir le même phénomène au Mont-Wright avec des sédiments déposés en même temps que les formations de fer et des gabbros syn-déformation. Roach et Duffel (1974), avaient déjà étudié les amphibolites du Mont-Wright et avaient identifié des textures coronaires avec de l'orthopyroxène, des amphiboles, des grenats et des spinelles. Murphy a cependant trouvé, en 1959, des amphibolites au Lac

Carheil qui seraient d'origine méta-sédimentaire avec des amphiboles, des grenats et du quartz.

Chapitre 2 : Méthodologie

2.1 Étapes de réalisation

Le projet nécessite plusieurs étapes avant de pouvoir infirmer ou confirmer les différentes hypothèses. Les étapes en ordre logique de réalisation sont :

- Cartographier les contacts amphibolites et formations de fer du Mont-Wright pour comprendre leurs relations stratigraphiques, leur nature et leur style structural.
- Décrire et identifier les minéraux dans les amphibolites et aux contacts amphibolites/formations de fer; relever la minéralogie, les textures caractéristiques (macroscopiques et microscopiques).
- Comprendre les relations entre les formations de fer et les amphibolites au niveau minéralogique et géochimique.
- L'épaisseur des dykes d'amphibolites sera étudiée à partir des données de forage et du logiciel Surpac.
- Déterminer le mode de contamination par les amphibolites.

La présente section permet d'expliquer l'aspect technique qui a été nécessaire pour atteindre les objectifs et les étapes mentionnés plus haut.

Pour la partie cartographie des contacts, il faudra d'abord explorer la mine pour trouver des contacts formation de fer/amphibolite visibles. Les emplacements doivent être accessibles et sécuritaires. Une visite à l'entrepôt de carotte a aussi été effectuée pour trouver des échantillons en profondeur. Puis, la cartographie consistait en :

- La prise de photographies des échantillons ou des carottes de forages;
- L'échantillonnage des contacts;
- La prise de mesures structurales;
- La prise d'autres données importantes (dimension, secteur, altération etc).

Les échantillons étudiés sont au nombre d'environ 95, donc 19 contacts ont été étudiés. Ensuite, l'étude macroscopique et au microscope polarisant a été effectuée ainsi qu'une analyse comparative entre les différents contacts pour tenter de détecter des différences. L'utilisation d'une spectrométrie de fluorescence X portative (HHXRF pour *Hand Held X-Ray Fluorescence*) a aussi été utilisée pour faire des analyses chimiques *in-situ* à intervalles réguliers à partir du contact.

Les analyses chimiques de roches totales ont été faites par XRF pour les éléments majeurs et par ICP-MS pour les éléments traces. Des doublons ainsi qu'un matériel de référence, le « 27f » ont été envoyés au laboratoire, ce qui a permis de valider la qualité des analyses. Des cartographies chimiques détaillées de certains contacts effectuées par microXRF ont aidé à mettre en évidence d'éventuels gradients géochimiques fins. De plus, des analyses au microscope à balayage électronique (MEB) de minéraux échantillonnés orthogonalement aux contacts pourraient aider à mettre en évidence des changements minéralogiques ou géochimiques.

2.2 Échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé pendant l'été 2013 sur le complexe minier du Mont-Wright. Au total, 19 contacts formation de fer/amphibolite ont été échantillonnés, comprenant chacun 5 échantillons (Figure 17).

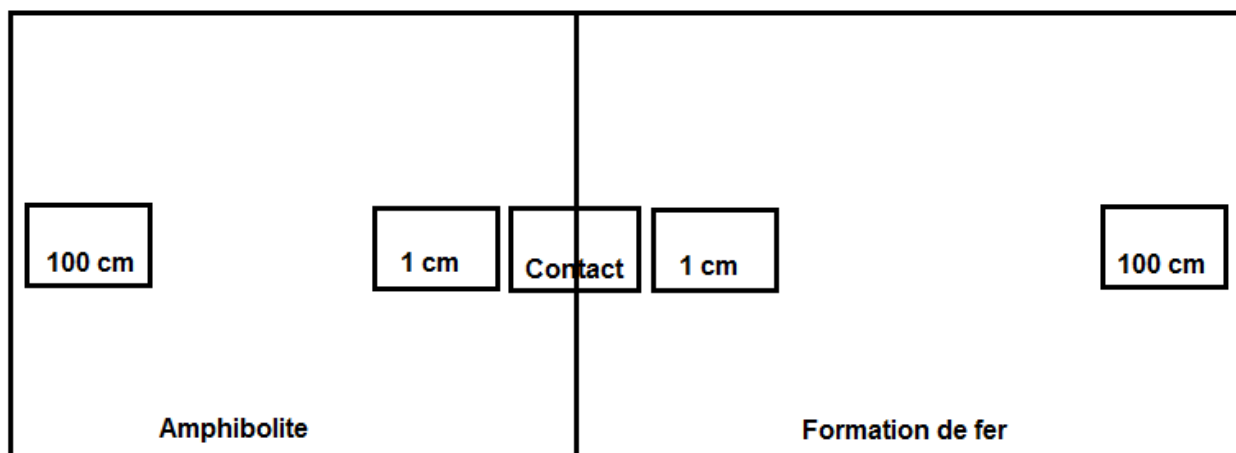


Figure 17 Schéma conceptuel de l'échantillonnage par rapport au contact, les rectangles représentent les échantillons prélevés avec leur distance par rapport au contact.

Pour chaque contact, un échantillon d'amphibolite dite « saine » a été sélectionné, se trouvant à 1 m du contact (100 cm). Un échantillon d'amphibolite dite « altérée » a été prélevé, se trouvant à 1 cm du contact. Le contact lui-même a été échantillonné lorsque c'était possible. Le contact était soit un contact altéré (Figure 18A), un contact graduel (Figure 18B) ou un contact net (Figure 18C). Ensuite, un échantillon de formation de fer « altéré » a aussi été choisi à 1 cm du contact. Enfin, un morceau de formation de fer « sain » a été prélevé à 1 m du contact.



Figure 18 Type de contact entre les amphibolites (AMP) et les formations de fer (IF). En A, contact altéré. En B, contact graduel. En C, contact net.

Le choix des contacts a été motivé par plusieurs facteurs. L'un de ceux-ci était de nature pratique. En effet, les carottes de forages sont entreposées à l'extérieur avec une place limitée autour de celles-ci. Il fallait donc que les échantillons soient accessibles et que les conditions climatiques extérieures n'aient pas trop altérées et dégradées les roches. En second

lieu, il a fallu trouver des échantillons représentatifs des trois types de contact (Tableau 4) et étant répartis sur toute la superficie de la mine (Figure 19).

Tableau 4: Types de contact avec le nombre de contacts échantillonnés ainsi que les numéros de contacts associés

Type de contact	Nombre de contact	N° de contact
Altéré	6	4, 7, 16, 17, 18, 19
Graduel	9	1, 2, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15
Net	4	3, 5, 8, 13

La majorité des échantillons proviennent de forage puisque la stabilité des parois et la production minière ne permettaient pas beaucoup d'échantillonnage de terrain sur de la roche en place (Figure 19).

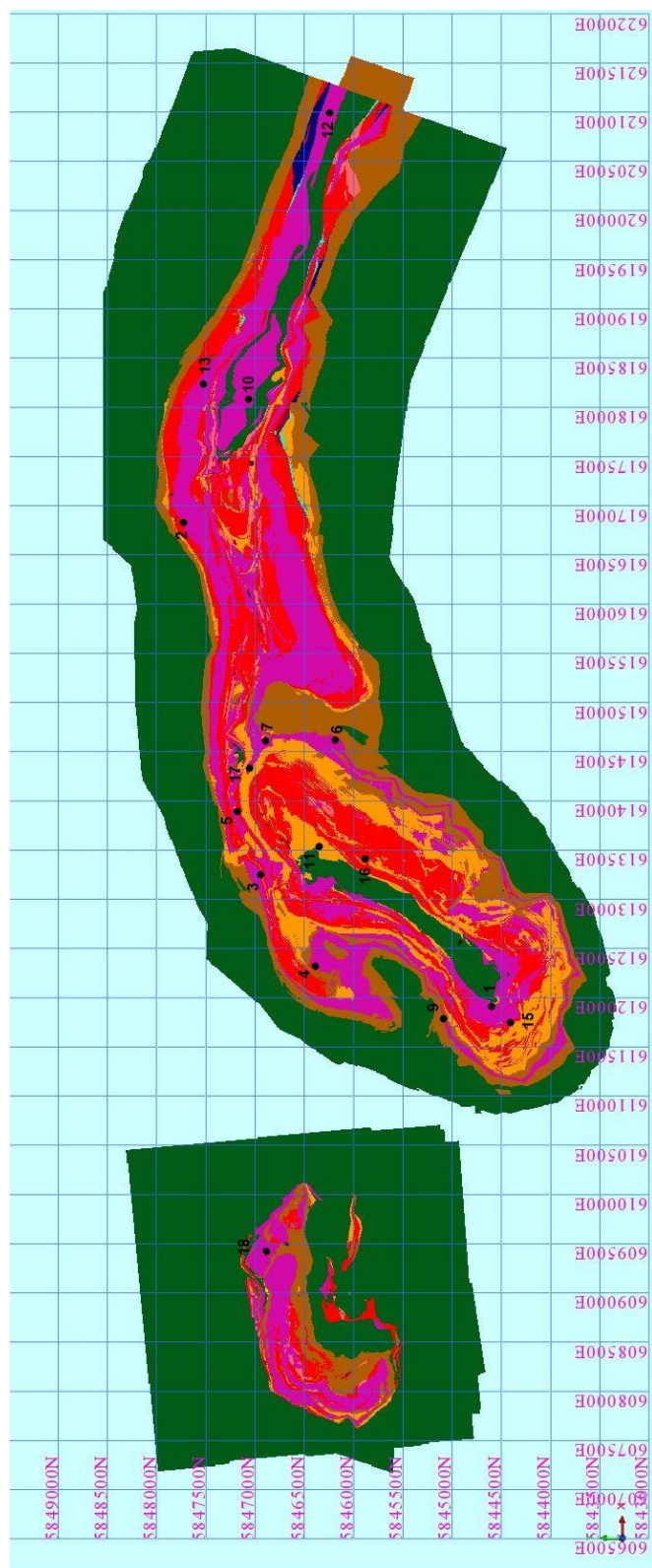


Figure 19 Localisation des échantillons sur le site minier du Mont-Wright et son environnement immédiat.

Les échantillons étaient par la suite préservés dans des sacs, puis nettoyés. Ils ont été décrits macroscopiquement et des photos ont été prises (Annexe 1).

2.3 Minéralogie optique

L'identification des minéraux étant dans certains cas difficiles, des minéraux ont été analysés au microscope électronique à balayage (MEB) et à la micro-fluorescence X (microXRF) pour s'assurer de la bonne identification de ceux-ci.

2.4 Microscope à balayage électronique (MEB)

Le MEB utilisé était un *JEOL JSM-6480LV* situé au *Centre Universitaire de Recherche sur l'Aluminium (CURAL)*, de l'UQAC, à Chicoutimi. Le microscope peut former deux types d'images, soit les images produites par l'émission d'électrons secondaires ou la rétrodiffusion d'électrons. La première possibilité offre une représentation du relief (topographie) des minéraux. Une petite variation dans la topographie influence donc grandement les données recueillies. Enfin, sa résolution est d'environ 30 à 200 Å. La seconde possibilité présente une image formée par le contraste des numéros atomiques moyens des phases observées. En effet, les atomes plus légers renvoient des teintes plus sombres et les ceux plus lourds une teinte plus claire. Ce dernier a une résolution beaucoup plus faible, de l'ordre de 1000 Å. L'analyse chimique se fait par un analyseur XRF en énergie dispersive connecté au microscope (Faerber, 2004). Dans le cas présent, la technique utilisée est celle de l'image formée par le contraste des numéros atomiques.

Avant de faire les analyses, il a fallu couvrir les lames minces de carbone. Ensuite, les analyses ont été effectuées avec un voltage de 20 kV, la distance de travail était de 11 mm et la grosseur du faisceau était de 6 μm (celle-ci peut varier entre 0 et 99). Au total, ce sont plus de 100 analyses qui ont été effectuées au MEB.

2.5 Spectrométrie de masse par ablation laser

L'analyse par spectrométrie de masse par ablation laser et ionisation au plasma (*Laser-Ablation – Inductively-Coupled-Plasma – Mass-Spectrometry*; LA-ICP-MS) a permis d'analyser les oxydes de fer. Au total, c'est 28 grains d'oxydes de fer qui ont été analysés au LA-ICP-MS au laboratoire *LabMaTer* de l'Université du Québec À Chicoutimi. L'appareil utilisé était un laser *Resonetic M50E* couplé à un spectromètre de masse au plasma (ICP-MS) *Agilent 7700x*. En se basant sur le protocole d'analyse des magnétites défini par Savard et al. (2010), le rayon du faisceau sélectionné mesurait 44 μm et la fréquence était de 15 Hz. De nombreux éléments ont été analysés : Al, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Mg, Mn, Ni, Os, Ru, Sc, Si, Sn, Sr, Ti, V, Zn, Zr. Certains éléments comme le P avait souvent des teneurs près de la limite de détection (quelques $\mu\text{g/g}$ (ppm)), donc les résultats n'ont pas été pris en compte lors des interprétations. Dans les cas où l'incertitude était plus grande qu'un pourcentage d'erreur de 100%, les données n'étaient donc pas prises en compte. Le Fe a été utilisé comme moniteur interne et le matériau de référence était le *GSD-Ig*. Pour s'assurer de la validité des résultats, le matériel de référence *GSD-Ig* a été mesuré 4 fois (A_1, A_2, A_3 et A_4 dans le Tableau 3), soit : avant la première analyse, après le 10^e grain, après le 20^e grain et à la fin. Il a été comparé avec les valeurs déjà établies (Tableau 5).

Tableau 5 : Données du LA-ICP-MS pour les analyses du matériau de référence GSD-1G mesuré durant les expérimentations.

Éléments	Unité	Valeur acceptée	Incertitude	GSD_1g A_1	GSD_1g A_2	GSD_1g A_3	GSD_1g A_4
Al	µg/g	70 922	1588	72 830	74 400	72 900	75 430
Ca	µg/g	51 430	714	53 010	53 610	52 930	54 750
Co	µg/g	40	2	39	40	40	38
Cr	µg/g	42	3	47	38	45	42
Cu	µg/g	42	2	41	55	42	42
Ga	µg/g	54	7	55	54	56	53
Ge	µg/g	32	8	32	32	33	32
Hf	µg/g	39	2	40	43	40	43
La	µg/g	39,1	0,4	39,1	40,1	38,0	39,8
Mg	µg/g	21 709	241	22 270	22 060	22 280	22 170
Mn	µg/g	220	20	239	246	248	245
Mo	µg/g	39	3	40	39	39	39
Nb	µg/g	42	3	42	43	42	42
Ni	µg/g	58	4	61	61	62	60
P	µg/g	860	160	1 290	1 431	1 905	2 355
Pb	µg/g	50	2	47	45	47	47
Sb	µg/g	43	7	45	48	47	45
Sc	µg/g	52	2	85	68	60	62
Sm	µg/g	47,8	0,5	48,6	50,6	48,6	51,3
Sn	µg/g	29	6	28	29	29	29
Ta	µg/g	40	4	38	40	37	40
Ti	µg/g	7432	360	7 702	8 330	8 130	8 357
V	µg/g	44	2	44	46	46	44
W	µg/g	43	4	44	46	44	44
Y	µg/g	42	2	41	43	40	43
Yb	µg/g	50,9	0,5	51,7	53,9	50,9	55,1
Zn	µg/g	54	2	62	60	60	51
Zr	µg/g	42	2	43	45	42	44

Il est à noter que les résultats ayant un fond gris ne sont pas inclus à l'intérieur de l'incertitude associée à la valeur acceptée. Les valeurs sur fond gris pâle présentent un écart **inférieur** à celui proposé par Horwitz et al. (1980) pour une « qualité exploration » soit environ 10 % à 50 µg/g (Thompson et al. 1998) tandis que ceux sur fond gris foncé, présentent un écart **supérieur** à celui proposé par Horwitz et al. (1980). Les résultats en gris pâle seront considérés comme significatifs tandis que l'adéquation au problème (« fitness for purpose ») de ceux en gris foncé doit être justifiée. Cependant, les données seront à comparer avec celles d'Angerer et al. (2012) qui présente des teneurs de 10 à 1000 fois supérieures justifiant une plus grande tolérance. Les résultats du matériau de référence supérieurs à 30 % sont toutefois considérés comme ayant un grand écart, le P et le Sc ne seront pas considérés.

2.6 XRF

La micro-fluorescence-X (ou micro-XRF) (*Eagle III; EDAX, Mahwah, New Jersey, U.S.A.*) se retrouvant à l'*UQAC* (LabMaTer) a été utilisée pour l'identification et la confirmation des minéraux observés dans les lames minces. Elle a aussi été utilisée pour faire des cartes chimiques des contacts amphibolite/formation de fer. L'analyse est possible grâce à l'interaction entre le faisceau d'électrons produit par les minéraux et les rayons X. En effet, les rayons X excitent les électrons des atomes des minéraux. Lorsque ceux-ci ont suffisamment d'énergie, ils montent d'une orbitale puis redescendent en émettant un photon qui contribuera à former un spectre de rayon X (Sciences Education Resource Center of Carleton College, 2013). Celui-ci sera alors analysé par le détecteur de l'appareil XRF. Ce

spectre est caractéristique à chaque élément, ce qui permet une quantification de l'abondance des éléments et donc, une identification des minéraux.

L'un des avantages de cette méthode est qu'elle est non-destructive et qu'elle permet des analyses rapides. Cependant, elle est limitée par la grosseur des grains étant donné que son faisceau est de 50 μm et ses limites de détection sont assez élevées (Sciences Education Resource Center of Carleton College, 2013).

Les paramètres de l'appareil pour les analyses sont de 15 kV et de 150 μA . Les éléments analysés étaient: Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Ti, V et Zn. Les cartes couvrent de grandes surfaces (à l'échelle de 50 μm) pour inclure le contact ainsi que pour bien observer d'éventuels gradients géochimiques (Figure 20). Le temps de comptage était de 100 millisecondes par point pour ainsi avoir une limite de détection et une incertitude acceptables. Ainsi, la durée des analyses pour les cartes variait entre 15 et 20 heures.

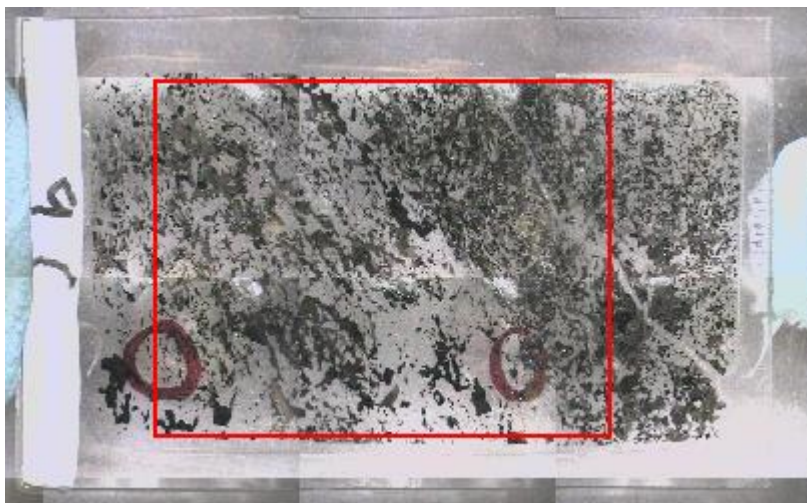


Figure 20 : Photographie montrant en exemple une lame mince envoyée à l'analyse par micro-XRF. En rouge, il est possible d'observer la surface d'analyse des cartes produites avec la micro-XRF.

2.7 Analyse de roche totale par XRF et ICP-MS

Les analyses de roches totales ont été réalisées par le laboratoire *ActLabs*, en Ontario. Pour vérifier la qualité des résultats, le matériau de contrôle de qualité (QCM) KPT-1 (Webb et al. 2006) (Tableau 6) ainsi qu'un doublon a été envoyé. Les analyses ont été réalisées sur des échantillons au contact avec l'amphibolite et à 1m de celui-ci. Un échantillon de 10 cm de longueur a été analysé dans chaque cas. Il est possible que des veines et des horizons de quartz soient inclus dans l'échantillon analysé.

Tableau 6 Comparaison entre les valeurs du matériau de contrôle de qualité KPT-1 et les analyses du laboratoire.

Élément	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	
KPT-1 obtenu	53,79	0,88	14,48	12,29	0,15	4,32	6,74	2,61	1,65	0,16	
Valeur acceptée	54,14	0,90	14,41	12,24	0,14	4,30	6,89	2,61	1,65	0,17	
% d'écart	0,65	2,22	0,48	0,41	5,00	0,47	2,25	0	0	5,3	
Élément	Ba		Ce		Co		Cr		Cu		Ga
KPT-1 obtenu	469		55		85		160		1312		18,6
Valeur acceptée	468		66		80		146		1233		18,9
% d'écart	0,3		-17		6		10		6		-1,5
Élément	La		Nb		Nd		Ni		Pb		Rb
KPT-1 obtenu	27		8,4		24,7		1304		82		63,4
Valeur acceptée	25		19,3		24,5		1266		79		62,6
% d'écart	7,5		-56		0,9		3		3,5		1,3
Élément	Sr		V		Y		Zn		Zr		
KPT-1 obtenu	262		206		26,1		131		177		
Valeur acceptée	265		194		26,6		119		165		
% d'écart	-1		6		-2		10		7		

Il est considéré que la différence entre les valeurs acceptées du matériau de référence et les analyses fournies par le laboratoire sont satisfaisantes. En effet, un très faible

pourcentage d'incertitude est présent et reste négligeable (Tableau 6). Les incertitudes demeurent inférieures aux valeurs fournies par le modèle d'Horwitz (Horwitz et al, 1980; Thompson 2004) adapté à la géologie (qualité exploration; Thompson et Feam, 1996). Pour les éléments majeurs, les écarts sont inférieurs à 2,8% pour les teneurs supérieures à 10%*m/m*. Pour les teneurs entre 1 et 0,1 %*m/m* les écarts sont inférieurs à 5,7 %. Pour les éléments traces, les écarts sont inférieurs à 8 % pour les teneurs entre 1000 et 100 µg/g, inférieurs à 11,3 % pour les teneurs entre 100 et 10 µg/g sauf pour le Ce et le Nb. Pour le Ce, l'écart est près de la limite (16,5 % *versus* 11,3 %) et jugé raisonnable pour les besoins. Toutefois, l'écart pour le Nb est plus notable (56 % *versus* 11,3%) et il en sera tenu compte dans les interprétations. Selon ces critères, les données sont considérées justes (sauf le Nb) (Thompson et Feam, 1996).

2.8 XRF portable

La fluorescence X portable (XRFp ou *Hand-Held XRF (HHXRF)*) (*Niton XL3 Gold* de *Thermo Scientific*, Waltham, Massachusetts, États Unis) a été utilisée à l'UQAC. L'avantage de cet appareil est qu'il donne des résultats en temps réel avec une assez bonne précision. L'un des inconvénients est qu'il faut que la surface d'analyse soit lisse. Pour ce faire, il a fallu scier toutes les carottes de forage en deux. L'appareil a été utilisé en mode fermé de façon à minimiser les radiations et selon le mode « *Cu/Zn mining* » puisqu'il s'agit d'analyse faite dans le minerai et donc, d'un alliage avec des éléments traces. Les éléments analysés sont : Si, Fe, Ti, Al, P, Ca, K, Mn, Mg, Ni, Zn, Cu, Co, Cr, V, Cl, S, W, Pb, As, Se, Au, Bi, Rb, U, Sr, Y, Zr, Th, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Pr et Nd. Les analyses ont été faites à tous les 10 cm le long de carotte de forage, cependant, pour que les analyses soient les plus représentatives possible de la roche, le positionnement pour l'analyse peut avoir varié d'environ 1 cm essentiellement pour éviter d'analyser les hétérogénéités locales visibles comme une petite bande de quartz.

Initialement, des tests ont été nécessaires afin de déterminer le temps d'analyse optimal. En effet, 5 analyses sur un même point ont été réalisées avec des temps de comptage de 40, 60 et 120 secondes. Un écart-type relatif (divisé par la moyenne) a été calculé sous forme de pourcentage (Tableau 7). Ce test a permis de déterminer que pour avoir des résultats optimaux avec des pourcentages d'erreur les plus faibles possible, il fallait un temps d'analyse de 120 secondes.

Tableau 7 : Comparaison des écarts-types relatifs de résultats d'analyses à 40, 60 et 120 secondes au même endroit analysé par le HHXRF

Temps d'analyse (s)	Variation du Fe sur 5 données	Variation du Ca sur 5 données	Variation du Si sur 5 données
40	0,54%	N/A	29,6%
60	0,57%	19%	0,58%
120	0,43%	13%	0,72%

Pour le fer (Fe) et le calcium (Ca), plus on augmente le temps d'analyse, plus les résultats sont semblables et ont un écart-type moins important alors que lorsque l'analyse dure 40 secondes, le calcium n'est pas détecté par l'appareil. Il est donc possible de conclure que, plus le temps d'analyse est long, meilleures seront la limite de détection et la précision.

Pour s'assurer que les résultats soient toujours stables, un matériau de référence a été analysé à plusieurs reprises durant la prise de données ainsi qu'une carotte toujours analysée au même endroit (carotte de référence). Le matériau de référence « *27f Iron Ore* » a été utilisé afin de déterminer la justesse de l'appareil vu la nature de l'échantillon. À chaque séance, le matériau de référence et la carotte de référence étaient analysés au début, au milieu et à la fin de la prise d'analyses.

La moyenne des résultats obtenus est de 69,16% Fe et la teneur acceptée du matériau de référence est de 65,97% Fe. L'écart-type entre les différentes valeurs mesurées au HHXRF est de seulement 0,45%. Les analyses pour le fer sont donc qualifiables de satisfaisantes. La figure 21 présente la variation temporelle de 3 éléments traces au-dessus de la limite de détection déclarée par l'instrument.

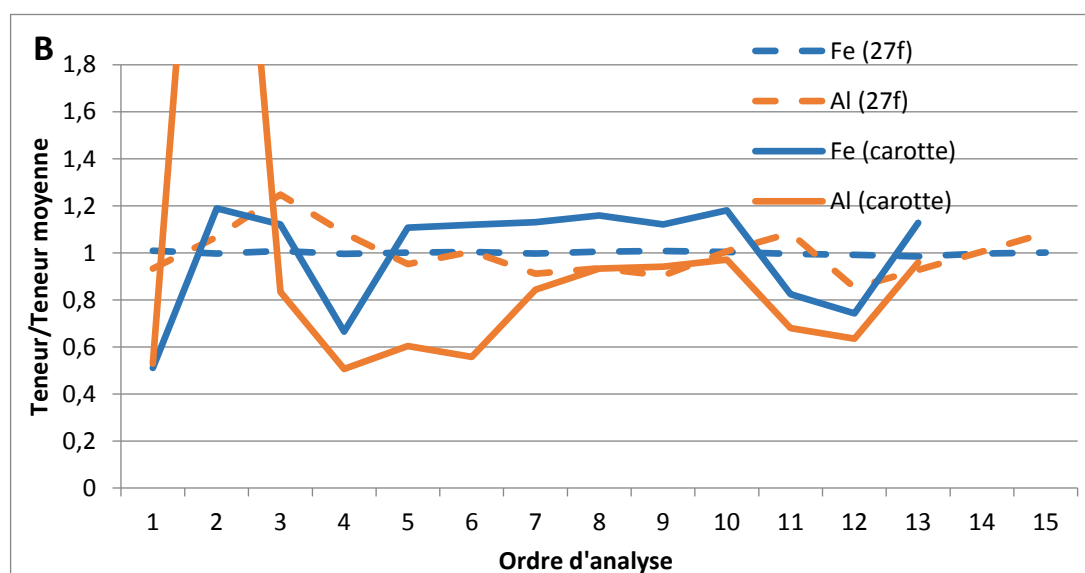
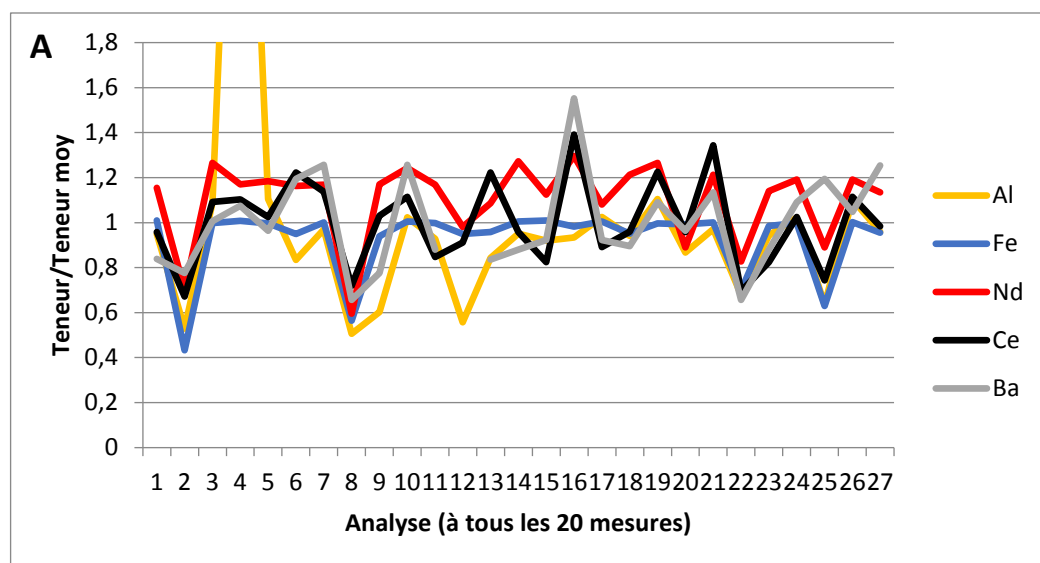


Figure 21 : Série temporelle présentant la teneur obtenue par HHXRF : (A) pour le Fe, Al, Nd, Ce et Ba en ordre séquentiel et (B) pour le Fe et Al en ordre séquentiel séparé par type d'échantillon (carotte type ou matériau de référence. En A, les numéros d'analyse (en abscisse) présentent l'ordre des valeurs obtenues sur « 27f » suivi de « carotte de référence » en alternance et en position contiguë.

Les éléments les plus importants étaient l'Al et le Fe. Ceux-ci ont respectivement des écarts-types de 10 % et 1 %, ce qui est tout à fait acceptable selon les critères d'Horwitz en

test d'efficacité (Thompson et Feam, 1996). Malgré le fait que les teneurs ne soient pas exactes, la figure 21A démontre que les variations sont relativement importantes (20 % en moyenne; Figure 21) sans présenter de tendance croissante ou décroissante. Cependant, la carotte témoin présente plus de variations (Figure 21B), probablement dues à de légères hétérogénéités minéralogiques mises en évidence par de légères variations de positionnement de l'appareil qui mesure alors différentes proportions minéralogiques.

Chapitre 3 : Pétrographie

Les descriptions pétrographiques ont été faites sur les amphibolites, les formations de fer et les contacts entre ces deux unités dans le but d'observer des indicateurs de contamination et de comprendre l'origine de celle-ci. La description macroscopique et microscopique complète est disponible en annexe 1.

3.1 Amphibolite

3.1.1 Description macroscopique

Il est important de mentionner que le terme amphibolite est utilisé au sens large soit une roche métamorphique composée principalement d'amphibole et de plagioclase (Bates et Jackson, 1987). Les amphibolites sont des roches mafiques avec une foliation qui est majoritairement évidente, variant de 45 à 75 degrés. L'échantillon 23 (Figure 22) est par contre très différent et s'apparente à une brèche d'amphibolite et aucune foliation n'est présente.

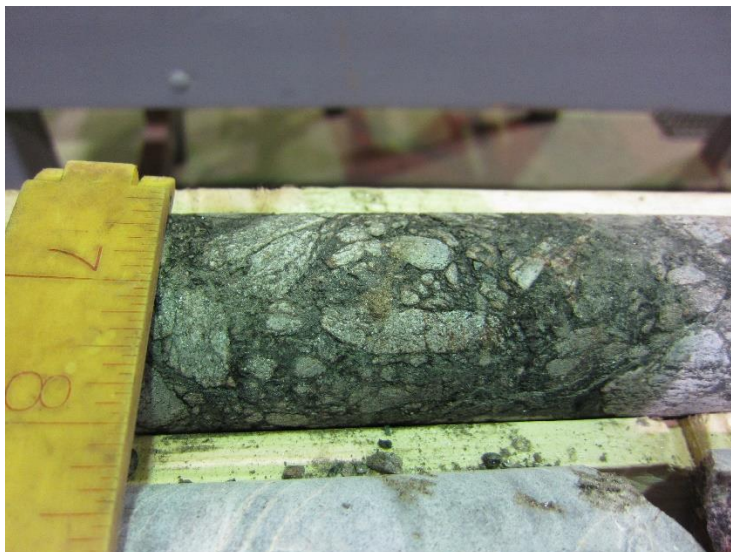


Figure 22 Photographie d'une carotte de forage d'amphibolite bréchique du contact 23. Il est possible de voir des clastes angulaires à sub-angulaire d'amphibolite et du graphite.

Il est possible de retrouver parfois de petites veines de calcite tardives qui recoupent la foliation (roche 2a). La minéralogie des amphibolites (Figure 23) se résume surtout à des minéraux métamorphiques du faciès amphibolite. L'amphibolite contient de la hornblende qui varie de 35 à 90%, de la biotite variant de 10 à 30%, du grenat (entre 0 et 30%), du plagioclase (entre 20 et 40%), du quartz (5 à 10%), des minéraux opaques (possiblement ilménite et magnétite) variant de 2 à 5%. Le pourcentage de minéraux varie d'un échantillon à l'autre (pourcentages en annexe 1).



Figure 23 Photographie d'une carotte de forage d'amphibolite près du contact 13.

Certaines amphibolites sont plus altérées que d'autres et le pourcentage d'argile et de chlorite peut être négligeable à important (échantillon 1b, 8b, 18a etc.). Notons cependant la présence importante de chlorite dans l'échantillon 18b avec au moins 30%. L'épidote peut aussi être présente en quantité importante comme dans le 16b (30%), le 17b (15%), le 18a (15%) et le 18b (20%). La présence d'actinote et de trémolite est surtout observée dans l'ouest du gisement, par exemple dans l'échantillon 3a avec 30% d'actinote. La présence de grunérite a été observée dans l'échantillon 16a (moins de 1%). Finalement, des sulfures (possiblement de la pyrite) ont été détectés dans les échantillons 8a et 11a (moins de 1% à 2%). La présence de graphite a été observée dans les échantillons 4a, 16b, 18b, 23 et 27.

Donc, plusieurs classifications pourraient être faites en se basant sur les observations macroscopiques, par exemple :

- Présence ou absence de grenat;

- Présence ou absence de graphite;
- Présence ou absence de silicate de fer;
- Présence ou absence de foliation;
- Niveau d'altération des amphibolites.

La classification avec l'absence ou la présence de graphite semble être une option intéressante car il s'agit d'un minéral peu commun dans les roches ignées (sauf pour les veines minéralisées). Il pourrait donc signifier une origine sédimentaire ou l'apport de fluides hydrothermaux (Rumble, 2014).

3.1.2 Description microscopique

On remarque, au niveau de l'arrangement microscopique des minéraux, un alignement des minéraux métamorphiques (surtout la hornblende et la biotite) pour les échantillons 3b, 5a, 5b, 8a, 9a et 9b (Figure 24a). Certains échantillons n'ont aucun alignement préférentiel, comme par exemple le 4a, 4b, 18a, 18b (Figure 24b).

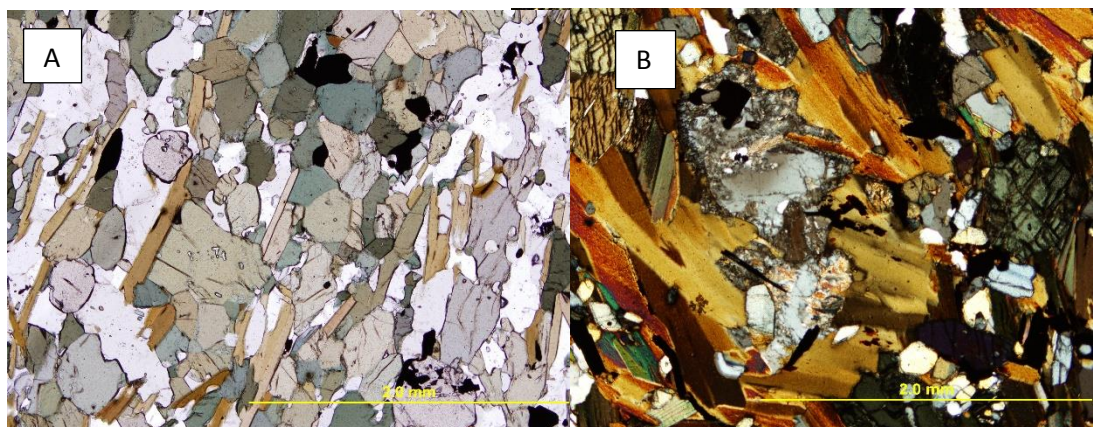


Figure 24 Arrangement microscopique des minéraux. En A. Alignement préférentiel des minéraux métamorphiques. En B. Alignement absent à faible des minéraux métamorphiques.

Les grains sont pour la plupart phanéritiques. Leur dimension est inégale, puisque l'on retrouve de très gros grenats avec des petites apatites et des petits oxydes. On retrouve aussi une texture lépidoblastique, avec de nombreux minéraux lamellaires avec une orientation préférentielle (Mackenzie et al, 1982).

Au niveau de la minéralogie, la hornblende verdâtre, parfois un peu bleutée, représente de 35 à 95% des minéraux des amphibolites. Les autres minéraux importants sont le plagioclase et le quartz, le grenat et des minéraux opaques, principalement de l'ilménite (Figure 25). Les biotites sont de formes allongées et représentent 15 à 35% des minéraux. Seulement quelques échantillons présentent un peu de biotite altérée en chlorite (moins de 2%).

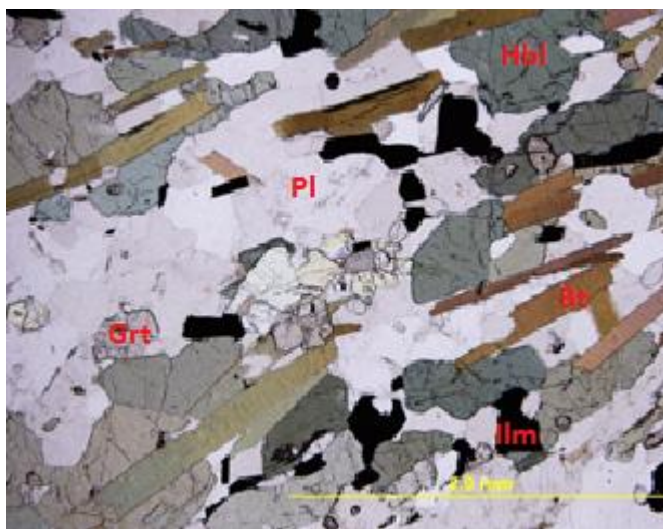


Figure 25 Photomicrographie en lumière naturelle d'une amphibolite (près du contact 8). Grt= Grenat, Pl = Plagioclase, Hbl = Hornblende, Bt = Biotite, Ilm = Ilménite

Les grenats sont de couleur rose, recourent tous les autres minéraux et présentent des structures comme des colliers de perles et du fluage (Annexe 2) suggérant qu'ils sont métamorphiques. On retrouve dans les grenats des inclusions hélicitiques qui forment des

spiraux doubles (Bard, 1990). Ils représentent 0 à 15% des minéraux d'une lame mince. Certains grenats sont très fracturés. Il est possible de voir de l'ilménite et du rutile en inclusion dans de nombreux grenats. Comme les grenats des amphibolites sont roses, ceci suggère qu'il s'agit de grenat almandin, riche en fer et en aluminium (Roubault et al, 1991).

Les plagioclases des amphibolites sont très altérés. Il est donc difficile de voir les macles et on remarque le phénomène de saussuritisation (Figure 26). La saussuritisation se forme dans les gabbros et transforme les plagioclases en épidote, albite, actinote et parfois scapolite (Roubault et al, 1991).

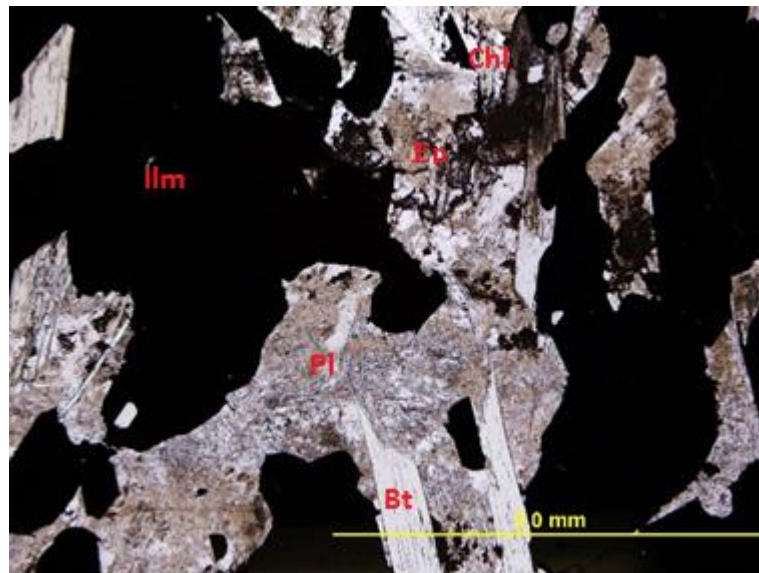
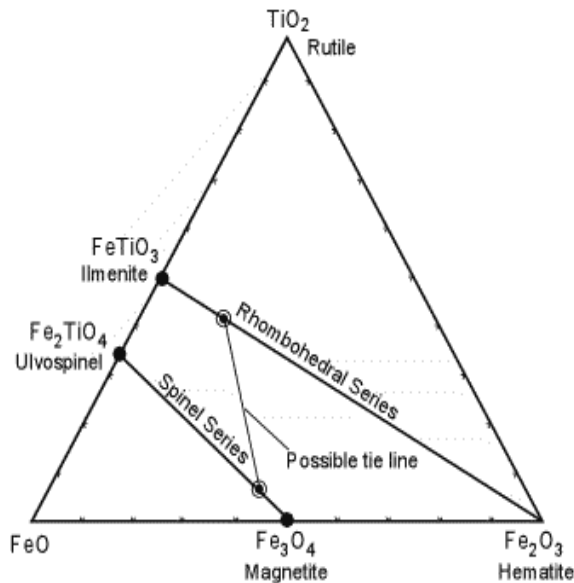


Figure 26 Photomicrographie en lumière naturelle de l'altération des plagioclases (saussuritisation et saussuritisation) dans les amphibolites. Ilm= Ilménite, Pl= Plagioclase, Bt = Biotite, Chl = Chlorite, Ep = Épidote.

L'ilménite (FeTiO_3) présente des exsolutions d'hématite en quantité variable, mais ne dépassant pas 5-8% des grains d'ilménite (Figure 27b). Ceci est possible à cause des substitutions fer-titane dans la structure cristalline des minéraux.

A



B

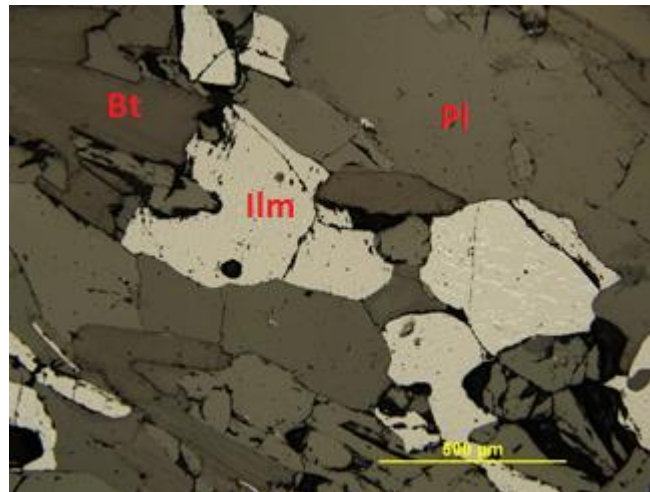


Figure 27 A. Diagramme de phase présentant la solution solide entre les différents oxydes se trouvant dans les amphibolites, tirée de Klein et Dutrow, 2007. B. Photomicrographie en lumière réfléchie d'exsolution d'hématite typique dans une ilménite se trouvant dans les amphibolites. Ilm= Ilménite, Pl= Plagioclase, Bt = Biotite.

Le rutile (TiO_2) se retrouve sous sa forme automorphe, soit de petits minéraux brun-rouge associés aux oxydes de titane (Figure 28). Ils sont assez petits (environ $250 \mu\text{m}$) et ne sont pas visibles à l'œil nu. Le rutile est considéré comme un minéral qui se forme

normalement à haute pression et à forte température en contexte métamorphique (Klein et Dutrow, 2007).

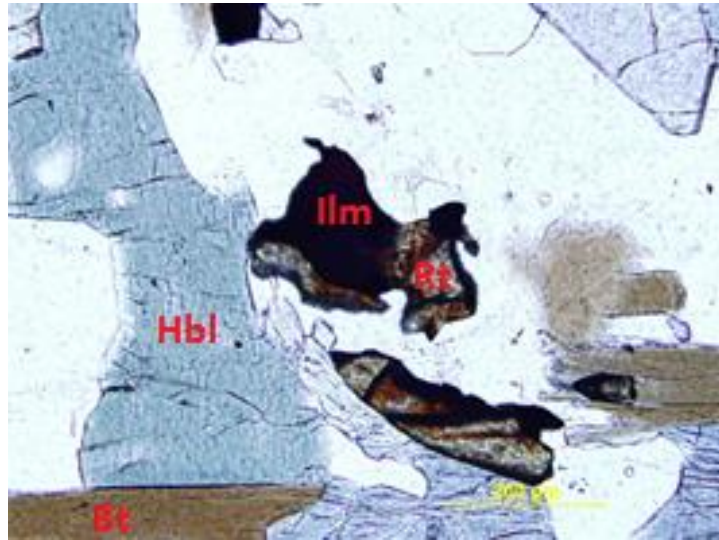


Figure 28 Photomicrographie en lumière naturelle de rutile (Rt) à proximité avec l'Ilménite (Ilm) dans les amphibolites. Hbl= Hornblende, Bt = Biotite

Les zircons, petits et invisibles à l'œil nu ont une forme quadratique avec une auréole pléochroïque indiquant les dommages radioactifs.

Les échantillons près du secteur Moiré-Daigle, présentent une plus grande abondance d'actinote. Ce sont des minéraux en forme de prisme allongé dont certains présentent un aspect fibreux. Il est difficile en lame mince de distinguer une actinote ou une trémolite à cause de la solution solide qui les composent (Figure 29A). Ces deux minéraux s'altèrent en chlorite et en épidote.

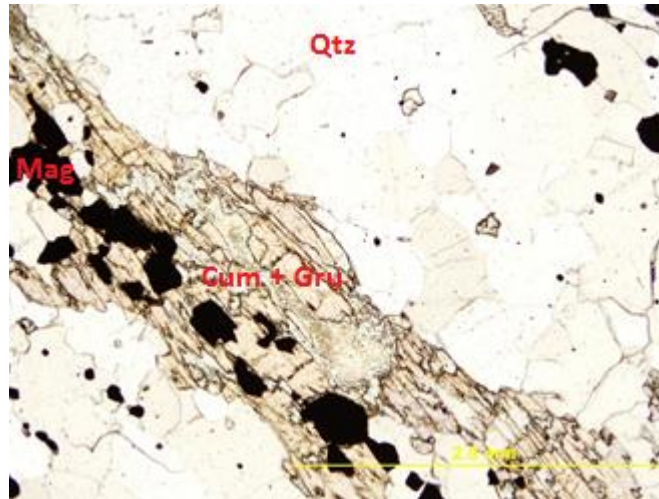


Figure 29 Photomicrographie en lumière naturelle de silicates. Cum = Cummingtonite, Gru= Grunérite, Mag = Magnétite, Qtz = Quartz.

L'analyse des lames minces tend à confirmer deux types d'amphibolites (Tableau 8). Le type I, qui regrouperait la majorité des échantillons, aurait un alignement préférentiel des minéraux métamorphiques. En lame mince, une quantité plus importante d'ilménite a été décrite pour le type I. Pour le type II, macroscopiquement, on observe du graphite. Par contre, au niveau microscopique, on observe une quantité faible d'ilménite par rapport au type I. On observe aussi la présence de zircon, de muscovite (4a et 18a) ainsi que des clinopyroxènes.

Tableau 8 Différences entre les 2 types d'amphibolites

	Type I	Type II
Foliation	Alignement préférentiel des minéraux métamorphiques	Faible alignement à absence d'alignement
Minéraux observés macroscopiquement	Hornblende Biotite Grenats Minéraux mafiques Plagioclases Quartz	Hornblende Biotite +/- Grenats Minéraux mafiques Plagioclases Quartz Graphite
Minéraux observés microscopiquement	Hornblende Biotite Grenats Ilménite + Magnétite Plagioclases Quartz Rutile	Hornblende Biotite Grenats Ilménite – Magnétite Plagioclases Quartz Rutile Zircon Graphite Muscovite Clinopyroxène + ou -
Classification préliminaire	3a, 3b, 5a, 5b, 8a, 8b, 9a, 9b, 10a, 10b, 14a, 14b	4a, 4b, 16a, 16b, 18a, 18b, 23, 27

3.2 Formation de fer

3.2.1 Description macroscopique

La minéralogie des formations de fer reste très simple (Figure 30). Des oxydes de fer, principalement de l'hématite et de la magnétite, en quantité variable, entre 15 et 40% de la roche et du quartz (entre 60 et 85%).

On retrouve dans quelques échantillons de l'actinote, de la trémolite ou de la grunérite (moins de 5%; numéro d'échantillon : 10c, 10d, 14c, 14d, 14e). La foliation est variable, passant de 15 à 75 degrés dépendant du secteur. L'échantillon 5e a une foliation micro-plissée.



Figure 30 Photo d'une carotte de forage d'une formation de fer du Mont-Wright (près du contact 2)

3.2.2 Description microscopique

La minéralogie microscopique est la même que celle décrite précédemment en macroscopie. La présence des oxydes de fer, dont de l'hématite et de la magnétite sont facilement détectables. Près du contact dans tous les échantillons étudiés, il y a présence d'exsolutions hématite-magnétite et ilménite-hématite en quantité plus importante (environ 75% des oxydes) comparativement à 0% des oxydes à 1 m du contact (Figure 31).

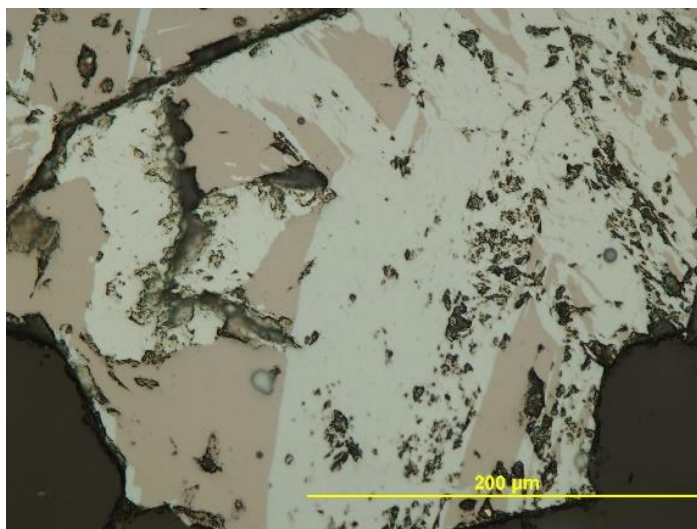


Figure 31 Photomicrographie en lumière réfléchie d'une exsolution hématite/magnétite dans le contact 0

Le quartz est recristallisé et de petite taille. Il représente entre 50 et 85% des lames minces. Il y a aussi quelques plagioclases (moins de 2%) disséminés dans la matrice de quartz. Dans la lame 8e, il y a présence de microcline.

L'apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$) (Figure 32) est d'assez petite taille (200 μm et moins) et se confond facilement avec la matrice siliceuse. Les grains ne sont pas visibles à l'œil nu et sont présent dans 2-5% des lames minces. Elle forme la matrice avec le quartz et les plagioclases. Elles sont automorphes à sub-automorphes.

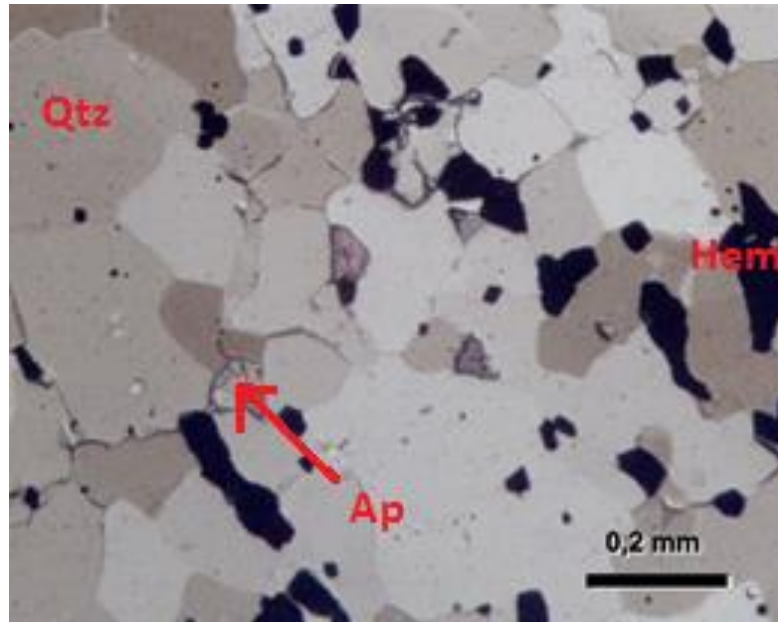


Figure 32 Photomicrographie en lumière naturelle d'apatite (Ap) dans la formation de fer.
Qtz= Quartz, Hem = Hématite

Il y a aussi un peu de grunérite dans les lames 3e, 4e, 10d, mais c'est un phénomène assez rare.

Enfin, le minéral en figure 33 était difficile à identifier. Cet amas est en fait composé de nombreux grains aux propriétés optiques difficiles à déterminer. L'utilisation du MEB a donc été nécessaire (voir chapitre 4)

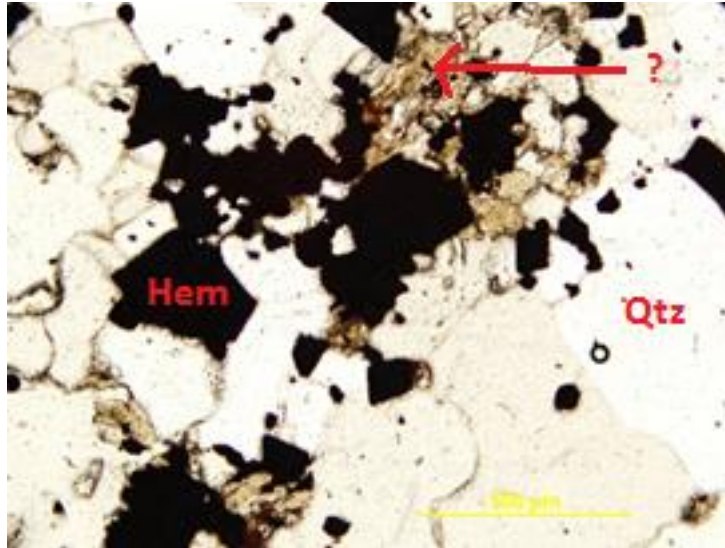


Figure 33 Photomicrographie en lumière naturelle d'un minéral demandant une identification au MEB, Lame 4d, Hem = Hématite, Qtz = Quartz

On retrouve aussi de la chlorite en faible quantité dans certaines lames de formation de fer.

3.3 Contact

3.3.1 Description macroscopique

Il existe trois contacts principaux (altéré (1), graduel (2) ou net (3)) qui sont visibles macroscopiquement. Certains contacts sont broyés, fracturés ou altérés. Il peut donc être difficile de voir précisément le contact. Le premier type (1) se caractérise par un mélange d'amphibolite et de formation de fer. Lorsque le contact est complètement altéré et/ou broyé en argile, le seul minéral encore visible dans cette poudre est le grenat, qui résiste davantage à l'altération.

Le deuxième type (2) est un contact graduel (Figure 34), qui peut s'observer sur quelques centimètres à plus d'un mètre. Dans ces cas, on voit une coexistence des deux unités, souvent avec une grande quantité de grenat (beaucoup plus importante que dans l'amphibolite, jusqu'à 30% de grenat au contact) et un peu de hornblende et de biotite (5 à 20%) qui traversent la formation de fer.

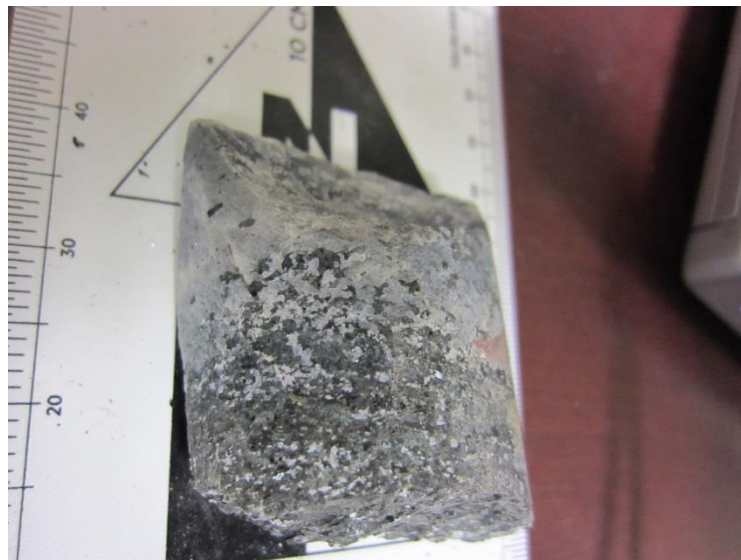


Figure 34 Photographie d'une carotte de forage d'un contact graduel avec échange minéralogique entre les deux unités (contact 8).

Enfin, il existe un contact net et franc, le troisième type (3). La coupure est nette et il ne semble pas macroscopiquement y avoir un échange minéralogique entre les deux unités. À plusieurs endroits, il y a une augmentation de la quantité de grenats dans l'amphibolite à proximité du contact et une augmentation de la quantité d'oxyde de fer du côté des formations de fer.

3.3.2 Description microscopique

Au niveau microscopique, les mêmes observations s'apparentent à celles macroscopiques. Cependant, les contacts broyés ou en poudre sont trop friables pour fabriquer une lame mince. Ces observations sont manquantes.

Dans les contacts graduels (type 2) (Figure 35), un échange minéralogique variable est observable. De l'ilménite, de la biotite et de la hornblende sont présents dans la formation de fer. On retrouve un peu d'oxyde de fer très près du contact dans l'amphibolite.

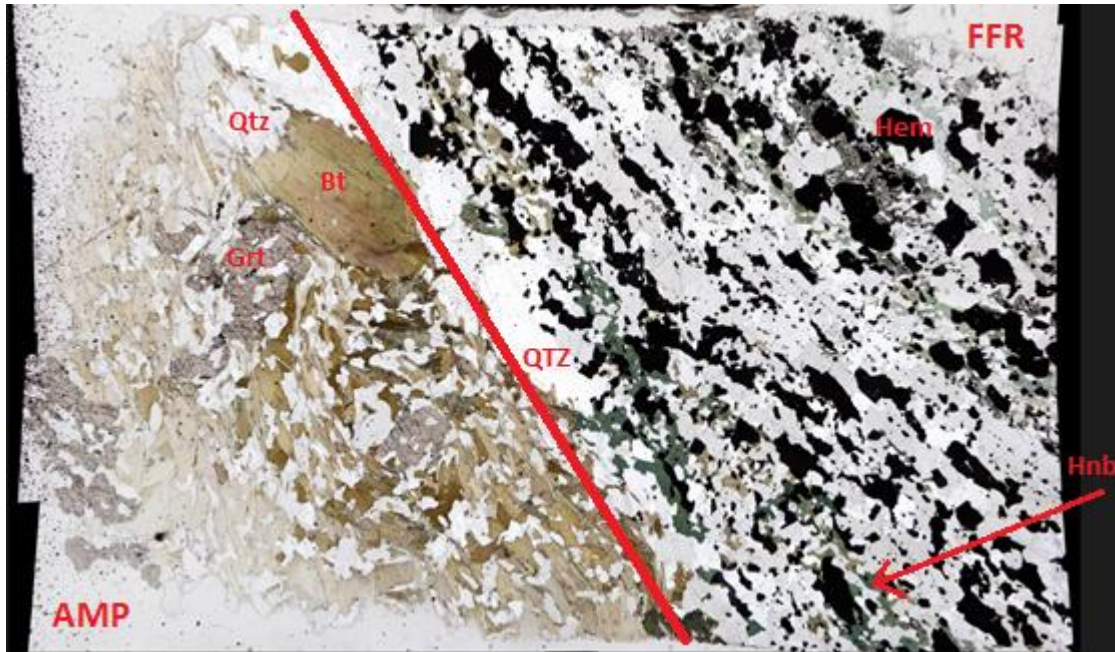


Figure 35 Mosaïque de microphotographie en lumière naturelle du contact 10. Il est possible de voir la présence de certains minéraux comme de la hornblende, de la biotite et autres dans les formations de fer. Qtz = Quartz, Hem = Hématite, Bt = Biotite, Hnb = Hornblende.

Dans les contacts nets, l'abondance des minéraux des amphibolites dans les formations de fer est faible à inexistante. La transition minéralogique est brusque.

Chapitre 4 : Géochimie

4.1 Géochimie des formations de fer

Les échantillons des formations de fer du gisement du Mont Wright contiennent entre 15 et 65% Fe ainsi que de la silice. Ensuite, il est possible de retrouver des quantités variables d'éléments contaminants comme le titane, l'aluminium, le phosphore, le manganèse etc. Il est généralement interprété que la présence de divers éléments contaminants dépend de l'environnement de déposition et des phénomènes postérieurs tels que la diagénèse, le métamorphisme et l'altération hydrothermale (Jébrak et Marcoux, 2009).

4.1.1 Résultats d'analyses des éléments majeurs

Les analyses chimiques des éléments majeurs de quelques échantillons de formations de fer du Mont-Wright sont regroupées dans le tableau 9. Les pertes au feu (PAF) négatives proviennent de l'oxydation du fer produisant un gain de masse (addition d'oxygène au fer). On y retrouve des échantillons où, minéralogiquement, l'oxyde principal est l'hématite (échantillons 6 et 8), ceux dont le seul oxyde est la magnétite (échantillons 7, 13, 14) et ceux qui contiennent de la magnétite et de l'hématite (échantillons 9 et 10). Tel que prévisible, la somme de SiO_2 et de Fe_2O_3 est plus grande que 90%, sauf pour l'échantillon 14e. Les autres éléments constituent moins de 2% de l'analyse de roche totale sauf pour l'échantillon 14e. En effet, le 14e possède une quantité très importante de MgO et CaO. L'échantillon 14e contient moins de 15% de fer mais avait été classé comme de la formation de fer par l'entreprise. Il contient aussi une quantité importante de silicate (actinote, trémolite et

grunérite). La quantité de minerai de fer initialement établie lors de la description macroscopique a donc été revue à la baisse.

Tableau 9: Tableau des analyses de roches totales des éléments majeurs dans les formations de fer. Les échantillons sont regroupés par minéralogie dominante (hématite, hématite-martite et magnétite). Prendre note que les pertes au feu (PAF) négatives n'ont pas été soustraites du total.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	BaO	Cr ₂ O ₃	PAF	Total
Minéralogie dominante	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m	%m/m
Limite de détection	0,04	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	
Hématite														
6d	67,13	0,01	1,44	32,63	0,03	0,17	0,09	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	101,55
8d	66,09	0,01	1,25	33,80	0,03	0,18	0,06	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	-0,96	100,51
8e	33,73	1,87	3,93	59,30	0,00	0,19	0,37	0,18	1,41	0,24	0,03	0,04	0,08	101,38
Hématite et Martite														
10e	40,77	0,01	1,54	55,44	0,05	0,67	1,70	0,02	0,01	0,04	0,00	0,00	0,83	101,09
10d	37,72	0,01	0,82	57,16	0,17	4,71	1,50	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,93	101,22
9e	72,30	0,01	1,48	25,84	0,04	0,07	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,39	99,41
Magnétite														
7e	17,54	0,01	0,49	83,57	0,01	0,09	0,03	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	-0,37	101,42
14e	61,85	0,01	0,99	8,13	0,73	11,00	13,94	0,13	0,01	0,01	0,00	0,00	4,08	100,89
13d	65,86	0,05	1,37	31,77	0,03	0,26	0,10	0,02	0,01	0,07	0,00	0,00	0,62	100,16
13e	29,17	0,01	1,21	69,74	0,00	0,03	0,06	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,07	100,36

Pour les formations de fer, la silice varie entre 18 et 72% poids. La silice est essentiellement contrôlée par la présence de quartz associé aux formations de fer. La teneur en TiO_2 est faible ($\leq 0,01$ % poids) dans tous les échantillons sauf le 8e et le 13d et l' Al_2O_3 varie entre 0,49 % et 3,93% poids. Dans l'échantillon 14e, les teneurs en MgO et en CaO sont nettement supérieures à celles des autres échantillons. Le K_2O et l' Al_2O_3 sont présents en plus grande teneur dans l'échantillon 8e.

4.1.2 Résultats d'analyses des éléments mineurs

Pour les éléments mineurs dans les formations de fer du Mont-Wright, les teneurs en Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Cs, Cu, Dy, Er, Gd, Hf, Ho, In, Lu, Mo, Nb, Nd, Pb, Pr, Rb, Sb, Sc, Sm, Sn, Ta, Tb, Th, Tl, Tm, U de la majorité des échantillons (Tableau 10) sont inférieures ou près de 1 $\mu\text{g/g}$ (entre 0,01 et 5,12 $\mu\text{g/g}$) sauf pour l'échantillon 8e. Les terres rares sont élevées dans les échantillons 10 et 13. L'échantillon 13e a aussi une teneur plus importante en cuivre. Les teneurs en Co, Cr, Ga, La, Ni, Sr, Y, V, Zn sont légèrement plus élevées que les éléments précédents dans la plupart des échantillons oscillants entre 1 et 50 $\mu\text{g/g}$ avec quelques rares exceptions supérieures à 100 $\mu\text{g/g}$. Les teneurs en Ti sont inférieures à 100 $\mu\text{g/g}$ sauf pour les échantillons 8e et 13d où elles sont respectivement de 10913 et de 292 $\mu\text{g/g}$. Les échantillons ont été regroupés par minéralogie dominante.

Tableau 10 : Résultats d'analyses des éléments mineurs et traces de roches totales des formations de fer. Les échantillons sont regroupés par minéralogie dominante.

Échantillon	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf
Unité	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Limite de détection	0,80	0,04	0,47	0,01	0,12	0,13	3,00	0,01	1,40	0,01	0,01	0,00	0,04	0,01	0,14
Hématite															
6d	1,50	0,10	<0,47	0,05	6,38	3,46	16,00	<0,01	<1,40	0,70	0,39	0,28	2,26	0,87	<0,14
8d	2,00	<0,04	<0,47	0,01	1,04	5,88	25,00	0,03	1,50	0,40	0,25	0,06	5,12	0,33	<0,14
8e	316,70	0,24	<0,47	0,05	55,23	0,54	295,00	0,48	<1,40	2,45	1,38	1,00	10,84	3,28	4,25
Hématite et Martite															
9e	1,10	0,14	<0,47	<0,01	2,58	3,43	11,00	<0,01	1,6	0,28	0,22	0,09	1,58	0,30	<0,14
10e	0,90	3,15	<0,47	0,02	41,38	3,10	8,00	<0,01	<1,40	2,25	1,64	0,82	1,65	2,24	<0,14
10d	0,90	0,97	<0,47	0,05	10,37	14,05	5,00	<0,01	<1,40	1,25	0,83	0,46	1,49	1,28	<0,14
Magnétite															
7e	<0,80	0,26	<0,47	<0,01	0,77	2,93	9,00	<0,01	<1,40	0,65	0,44	0,09	1,28	0,52	<0,14
14e	1,70	2,00	<0,47	0,07	7,02	5,69	13,00	<0,01	<1,40	0,84	0,55	0,25	0,88	0,73	0,16
13d	3,30	0,43	<0,47	<0,01	14,69	19,64	23,00	0,02	<1,40	1,38	0,69	0,73	9,97	1,92	<0,14
13e	6,70	0,29	<0,47	0,03	5,94	0,45	18,00	<0,01	104,5	1,30	0,85	0,36	1,46	1,36	<0,14
Échantillon	Ho	In	La	Li	Lu	Mo	Nb	Nd	Ni	Pb	Pr	Rb	Sb	Sc	Sm
Unité	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Limite de détection	0,00	0,00	0,10	0,40	0,00	0,08	0,03	0,06	0,70	0,18	0,01	0,11	0,04	1,10	0,03
Hématite															
6d	0,14	0,01	3,00	0,70	0,05	0,76	0,47	3,53	3,30	0,60	0,78	0,25	0,09	<1,10	0,80
8d	0,09	0,00	0,50	1,70	0,02	1,25	0,61	0,60	14,30	<0,18	0,13	0,40	0,08	<1,10	0,18
8e	0,49	0,02	26,02	2,20	0,18	1,17	32,74	23,49	12,50	8,30	5,96	19,67	0,40	10,50	3,97
Hématite et Martite															
9e	0,06	0,00	1,36	0,60	0,03	1,38	0,55	1,40	5,70	0,30	0,33	0,16	<0,04	<1,10	0,28
10e	0,51	0,01	27,66	0,40	0,19	1,76	1,83	17,93	1,80	3,60	4,77	0,18	1,09	<1,10	2,34
10d	0,28	0,01	6,37	3,10	0,09	0,22	1,00	5,17	6,20	0,20	1,18	0,20	0,18	<1,10	1,00
Magnétite															
7e	0,14	0,00	0,32	0,60	0,04	0,58	1,05	0,51	2,80	0,20	0,11	0,25	0,62	<1,10	0,22
14e	0,18	0,00	2,75	6,80	0,06	0,84	0,38	2,92	5,20	0,60	0,67	0,15	<0,04	<1,10	0,59
13d	0,26	0,01	7,97	2,00	0,07	1,06	0,29	8,29	29,20	0,70	1,84	0,37	0,07	1,20	1,85
13e	0,28	0,01	3,63	<0,4	0,08	1,52	1,53	3,47	3,20	0,60	0,77	0,16	0,83	<1,10	0,86
Échantillon	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Unité	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Limite de détection	0,16	0,60	0,01	0,00	0,02	7,00	0,00	0,00	0,01	0,80	0,05	0,05	0,01	1,80	6,00
Hématite															
6d	<0,16	1,10	<0,007	0,12	0,07	21,00	0,00	0,05	0,07	29,60	0,13	4,37	0,32	38,00	7,00
8d	0,30	0,80	<0,007	0,06	0,04	81,00	0,00	0,03	0,11	16,10	0,34	2,95	0,16	22,00	<6,00
8e	0,35	39,40	3,28	0,42	5,48	10913,00	0,07	0,19	0,93	87,70	0,55	14,60	1,19	5,00	170,00
Hématite et Martite															
9e	<0,16	0,70	0,02	0,04	0,12	34,00	<0,002	0,03	0,29	13,70	0,07	2,31	0,24	9,00	<6,00
10e	<0,16	12,70	0,01	0,32	0,06	44,00	<0,002	0,23	0,35	21,00	2,86	16,39	1,42	4,00	8,00
10d	<0,16	4,50	0,01	0,19	0,04	40,00	<0,002	0,11	0,09	12,00	0,12	9,20	0,65	34,00	<6,00
Magnétite															
7e	<0,16	<0,60	0,02	0,09	0,18	49,00	0,00	0,06	0,94	15,50	0,74	5,02	0,33	13,00	<6,00
14e	<0,16	16,90	<0,007	0,12	0,06	21,00	0,00	0,08	0,07	4,00	0,08	5,99	0,46	6,00	11,00
13d	<0,16	1,60	0,01	0,25	0,10	292,00	0,00	0,09	0,41	44,50	0,12	7,34	0,55	36,00	7,00
13e	0,31	1,50	<0,007	0,20	0,03	33,00	0,00	0,11	0,68	18,10	2,45	9,57	0,63	60,00	<6,00

4.2 Géochimie des amphibolites

4.2.1 Résultats d'analyses des éléments majeurs

Étant donné que les amphibolites sont considérées comme les principaux vecteurs de contamination, elles ont été analysées pour les éléments majeurs (Tableau 11). Les échantillons ont été séparés en type I et type II précédemment défini avec les indices pétrographiques (voir chapitre 3). Il est possible de remarquer les quantités importantes de TiO_2 sauf pour les échantillons 23 et 18b, qui se retrouvent dans le type II.

Tableau 11 Tableau des résultats d'analyse des éléments majeurs des amphibolites.

Éch.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	BaO	Cr ₂ O ₃	PAF	Total
Unité	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m	% m/m
Limite de détection	0,04	0,01	0,02	0,01	0,002	0,01	0,01	0,02	0,01	0,002	0,004	0,002	0,05	
Type I														
2014-17	44,04	2,97	13,99	18,47	0,23	6,63	4,45	1,62	2,29	0,82	0,05	0,03	3,53	99,12
22,00	45,31	3,53	15,38	16,27	0,48	5,87	5,60	2,36	1,98	0,96	0,05	0,02	1,47	99,28
9b	44,67	3,07	14,84	16,16	0,19	8,25	7,62	2,37	1,41	0,81	0,06	0,04	0,59	100,08
8a	44,68	3,99	14,37	16,59	0,24	4,68	9,21	1,83	1,38	1,17	0,06	0,01	0,71	98,92
2014-49	45,72	2,59	17,36	13,59	0,17	6,55	8,33	3,10	0,82	0,73	0,05	0,03	0,55	99,59
25,00	45,91	3,91	14,91	17,62	0,16	5,57	6,34	1,67	1,58	1,07	0,31	0,01	0,94	100,00
26,00	45,54	3,37	15,30	16,30	0,20	6,05	7,86	2,08	1,30	0,90	0,05	0,01	0,56	99,51
3a	45,51	3,09	16,38	14,33	0,17	6,35	7,73	3,28	1,51	0,82	0,04	0,03	0,60	99,84
5b	44,78	3,28	13,83	23,26	0,25	4,64	5,89	0,89	1,64	0,91	0,06	0,01	0,89	100,33
14a	45,44	2,37	17,39	13,89	0,21	7,43	8,62	3,11	0,71	0,61	0,03	0,04	0,36	100,21
10b	46,57	2,78	17,75	13,02	0,18	6,22	7,75	2,97	1,67	0,69	0,10	0,03	0,91	100,64
4a	45,33	3,63	15,16	16,93	0,24	5,94	6,97	1,02	2,74	0,93	0,06	0,01	1,50	100,45
8b	44,54	2,38	13,78	16,18	0,19	9,84	6,86	1,90	2,70	0,67	0,06	0,06	1,15	100,31
9a	45,39	3,07	15,24	16,13	0,21	7,42	7,61	2,62	1,45	0,83	0,08	0,03	0,59	100,66
3b	45,85	3,07	16,26	14,56	0,18	6,56	7,93	2,82	1,99	0,83	0,06	0,02	0,63	100,75
13b	47,50	2,21	16,17	15,91	0,22	6,47	6,93	2,99	0,97	0,36	0,03	0,01	0,99	100,76
16b	45,75	3,32	17,80	16,14	0,19	3,48	3,82	0,25	0,58	0,91	0,01	0,02	7,74	100,01
5b	40,02	3,56	13,80	30,79	0,32	3,73	4,32	0,21	1,72	1,07	0,07	0,01	0,29	99,91
15a	46,50	3,49	15,33	15,94	0,13	5,36	5,98	3,55	1,49	0,99	0,08	0,01	1,65	100,50
28,00	46,29	2,73	15,90	15,13	0,19	7,47	7,20	1,57	1,92	0,74	0,04	0,02	1,26	100,46
Type II														
18b	38,98	0,65	7,06	27,25	0,32	13,43	9,24	0,85	0,58	0,06	<0,004	0,01	1,70	100,12
23,00	49,88	0,43	10,68	21,56	0,20	7,98	1,55	0,04	0,90	0,10	0,01	0,01	6,51	99,85
27,00	38,49	2,01	11,66	26,13	0,08	3,72	1,32	0,02	1,04	0,71	0,06	0,05	14,48	99,78

Le tableau 11 présente la composition en éléments majeurs dans les amphibolites.

Pour le SiO_2 , il varie entre 40 et 48 % poids pour le type I et de 38 à 49 % poids pour le type

II. Notons toutefois que deux des trois échantillons du type II ont des teneurs inférieures à 40% poids pour la silice. Pour le TiO_2 , il y a une nette différence entre les deux types. En effet, le type II ne contient presque pas de titane, variant entre 0,4 et 2% poids alors que le type I en contient entre 2,2 et 3,99 % poids. L'aluminium est aussi davantage présent dans le type I où elle se situe entre 14 et 18 % poids alors que dans le type II, l'aluminium se situe entre 7 et 11 % poids. Pour le Fe_2O_3 , les teneurs oscillent entre 13 et 31 % poids pour le type I alors qu'elles se situent entre 22 et 27 % poids pour le type II. Les teneurs en MnO s'avèrent similaires pour les deux types avec une variation entre 0,1 et 0,48 % poids. Le MgO varie entre 5 et 6 % poids pour le type I et entre 3,7 à 13,4 % poids pour le type II. Le CaO varie entre 4 et 9 % poids pour le type I et de 1 à 9 % poids pour le type II. Enfin, le Na_2O du type II reste toujours inférieur à 0,9 % poids alors qu'il est souvent plus important pour le type I (0,2 à 3,5 % poids). Pour le K_2O , il varie entre 0,6 et 2,7 % poids pour le type I et de 0,6 à 1 % poids pour le type II. Le P_2O_5 varie de 0,4 à 1,2 % poids pour le type I et de 0,1-0,7 % poids pour le type II. Le BaO et le Cr_2O_3 présentent des faibles teneurs inférieures à 0,3 % poids pour le BaO et 0,1 % pour le Cr_2O_3 .

4.2.2 Résultats d'analyses des éléments mineurs

Les éléments mineurs ont aussi été analysés et les données sont présentées dans le tableau 12. Pour le Ba, on remarque que l'échantillon 25 est au-dessus de la moyenne des échantillons alors que les échantillons 16b et 18b sont en-dessous de la moyenne. Pour le béryllium, les échantillons 27 et 10b sont composés de plus de 10 ppm alors que les autres se retrouvent sous cette valeur. L'échantillon 10b est le seul à être supérieur à la limite de détection pour le bismuth. Pour le cadmium, l'échantillon 5b est le seul à être supérieur à 1

ppm. Il est possible de remarquer l'enrichissement de l'échantillon 27 en Co et l'échantillon 18b en V. Le Cr varie entre 54 et 433 ppm pour les échantillons. Ensuite, le Cu est analysé en quantité plus importante dans l'échantillon 23 avec 132 ppm et dans l'échantillon 4a avec 181 ppm. L'échantillon 27 est composé de deux fois plus de Cs que tous les autres échantillons. Les échantillons sont tous dans le même ordre de grandeur pour les éléments Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, Ln, La, Lu, Mo, Nd, Pb, Pr, Y, Sb, Sc, Sm, Sn, Ta, Tb, Th, Tl, Tm, U, V, W, Yb. Les échantillons 9a et 18b sont moins enrichis en Li avec moins de 10 ppm. L'échantillon 9a est pour sa part enrichie en Ni avec plus de 300 ppm. Enfin, on remarque un appauvrissement en Sr pour les échantillons 9a et 18b. Le Rb pour l'échantillon 18b est très faible par rapport aux autres échantillons, soit moins de 5 ppm.

Tableau 12 Tableau des résultats d'analyse des éléments mineurs des amphibolites

Échantillon	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ga	Gd	Hf	Ho	In	La	Li	Lu	Mo
Unité	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite de détection	0,8	0,04	0,5	0,01	0,1	0,1	3,0	0,01	1,4	0,01	0,01	0,003	0,04	0,01	0,1	0,04	0,01	0,1	0,003	0,002	0,1	0,4	0,002	0,1
2014-17	515	2,6	<0,4700	0,1	87	57,1	214	1,3	2,0	7,0	3,8	2,4	21	7,9	6,0	20,7	7,9	6,0	1,4	0,1	39,6	31	0,50	1,6
Échantillon 22	498	2,2	<0,4700	0,3	66	52,4	121	1,3	2,0	8,0	4,8	2,1	23	7,4	6,7	22,6	7,4	6,7	1,7	0,1	28,6	29	0,66	2,1
Échantillon 23	85	4,7	<0,4700	0,1	21	7,5	71	0,3	132,6	4,2	2,6	1,2	13	4,3	4,7	12,6	4,3	4,7	0,9	0,0	9,6	44	0,32	3,3
Échantillon 9b	551	1,5	<0,4700	0,1	82	59,4	311	0,7	28,1	7,5	4,1	2,5	21	8,7	6,3	20,9	8,7	6,3	1,5	0,1	37,0	15	0,55	2,0
Échantillon 8a	608	2,1	<0,4700	0,2	131	38,7	54	1,0	1,5	11,6	6,4	3,6	25	13,5	6,9	24,9	13,5	6,9	2,2	0,1	59,5	23	0,81	3,4
2014-49	477	1,4	<0,4700	0,1	70	51,4	216	0,2	36,3	6,3	3,5	2,3	21	7,3	4,5	20,8	7,3	4,5	1,2	0,1	32,1	20	0,46	2,0
Échantillon 25	>1740	2,9	<0,4700	0,1	105	47,3	79	0,5	19,1	9,6	5,4	3,1	24	10,9	8,5	24,0	10,9	8,5	1,9	0,1	46,6	33	0,72	4,6
Échantillon 26	527	1,9	<0,4700	0,1	95	51,6	113	0,4	19,3	8,6	4,8	2,8	24	9,7	7,0	23,6	9,7	7,0	1,7	0,1	43,1	13	0,63	2,3
Échantillon 18b	16	8,6	<0,4700	0,0	33	15,5	69	0,2	2,3	3,2	2,0	1,1	11	3,5	4,2	10,5	3,5	4,2	0,7	0,1	10,8	9	0,28	0,6
Échantillon 3a	471	1,8	<0,4700	0,1	90	43,5	163	1,6	43,6	7,9	4,2	2,8	23	9,2	6,0	22,5	9,2	6,0	1,5	0,1	42,0	18	0,51	1,9
Échantillon 5b	569	4,9	<0,4700	1,0	83	25,8	98	1,9	8,0	8,3	4,6	2,5	21	9,2	7,3	21,5	9,2	7,3	1,6	0,1	38,8	19	0,61	2,1
Échantillon 10b-d	1260	18,4	0,9	0,1	86	45,7	238	1,1	1,5	7,2	4,0	3,0	20	9,0	5,0	18,5	6,0	4,0	1,1	0,1	28,0	11	0,39	1,5
Échantillon 14a	332	1,1	<0,4700	0,1	59	53,6	271	0,2	28,2	5,3	3,0	2,0	19	6,0	4,0	21,2	7,5	4,6	1,3	0,1	33,7	26	0,46	1,7
Échantillon 10b	932	2,5	0,7	0,1	73	45,6	246	0,9	7,5	6,4	3,5	2,4	21	7,5	4,6	23,8	10,9	6,3	1,8	0,1	47,8	26	0,68	1,9
Échantillon 4a	666	2,2	<0,4700	0,1	103	50,1	88	1,7	181,4	9,4	5,2	3,1	24	10,9	6,3	19,0	7,2	3,9	1,2	0,1	29,9	62	0,46	0,7
Échantillon 8b	568	2,0	<0,4700	0,1	67	68,5	433	4,3	<1,4000	6,3	3,5	2,1	19	7,2	3,9	20,8	8,7	5,7	1,5	0,1	37,9	15	0,57	1,7
Échantillon 9a	785	1,4	<0,4700	0,1	82	56,9	242	0,6	38,1	7,7	4,3	2,5	21	8,7	5,7	16,2	4,0	3,1	1,0	0,1	14,2	8	0,64	1,1
Échantillon 27	454	15,1	<0,4700	0,5	36	>187,0000	314	14,2	32,1	4,7	3,3	1,2	16	4,0	3,1	21,5	8,7	5,6	1,5	0,1	38,6	14	0,56	2,5
Échantillon 3b	579	1,7	<0,4700	0,1	85	49,4	179	2,0	51,2	7,6	4,2	2,6	22	8,7	5,6	22,8	6,5	4,2	1,3	0,1	21,0	27	0,49	1,2
Échantillon 13b	333	1,6	<0,4700	0,1	45	60,2	102	0,4	<1,4000	6,4	3,7	2,0	23	6,5	4,2	24,3	6,2	6,2	1,1	0,1	17,1	11	0,43	3,3
Échantillon 16b	70	2,4	<0,4700	0,1	39	42,9	128	0,7	3,7	5,5	3,1	1,9	24	6,2	6,2	15,3	8,9	8,0	1,9	0,0	25,2	17	0,70	1,1
Échantillon 5b	634	0,5	<0,4700	0,2	55	18,6	71	2,4	22,2	9,2	5,4	1,9	15	8,9	8,0	19,6	9,2	7,8	1,7	0,1	39,0	16	0,67	1,1
Échantillon 15a	774	4,6	<0,4700	0,1	86	46,9	114	1,3	2,3	8,6	5,0	2,6	20	9,2	7,8	21,8	7,9	4,5	1,3	0,1	34,4	18	0,48	1,6

Échantillon	Nb	Nd	Ni	Pb	Pr	Rb	Sb	Sc	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Unité	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Limite de détection	0,03	0,1	0,7	0,2	0,01	0,1	0,04	1,1	0,03	0,2	0,6	0,01	0,002	0,02	7,0	0,002	0,002	0,01	0,8	0,1	0,1	0,0	1,8	6,0
2014-17	12,4	47	150	3,2	11,1	62	0,3	27	9,0	1,6	159	0,7	1,2	3,7	17808	0,21	0,5	1	201	2,1	36,7	3,3	125	273
Échantillon 22	16,1	35	83	3,5	8,5	45	0,3	33	7,4	1,7	279	0,8	1,2	4,3	21718	0,18	0,7	1	226	2,2	46,5	4,4	83	316
Échantillon 23	11,2	14	14	7,0	2,9	17	0,2	9	3,8	0,7	35	0,9	0,7	11,2	2629	0,05	0,4	7	137	2,2	30,5	2,1	40	182
Échantillon 9b	12,5	45	150	1,7	10,5	34	0,2	26	9,0	1,5	203	0,7	1,3	3,6	18122	0,19	0,6	1	194	0,3	40,5	3,7	156	289
Échantillon 8a	17,4	71	20	4,3	16,8	35	0,2	39	14,1	2,1	272	0,9	1,9	6,0	24057	0,18	0,9	1	251	0,1	62,4	5,3	166	315
2014-49	10,3	38	114	4,4	9,3	14	0,1	22	7,8	1,2	391	0,6	1,1	3,1	15980	0,06	0,5	0	179	0,3	34,5	3,1	138	205
Échantillon 25	16,7	57	47	3,4	13,6	34	0,2	34	11,6	1,4	204	0,9	1,6	4,7	23730	0,11	0,7	2	242	1,1	54,0	4,7	104	396
Échantillon 26	14,4	52	74	1,3	12,4	26	0,2	30	10,3	1,6	224	0,8	1,4	4,1	21106	0,10	0,7	1	224	0,4	47,6	4,2	133	332
Échantillon 18b	13,9	14	57	0,7	3,3	5	0,4	7	3,3	0,8	18	1,1	0,5	12,2	4005	0,01	0,3	0	38	0,4	21,7	1,9	13	166
Échantillon 3a	12,8	50	86	2,5	11,6	33	0,4	27	9,7	1,7	265	0,7	1,3	3,9	18925	0,15	0,6	1	196	0,5	42,7	3,5	114	281
Échantillon 5b	14,9	45	42	2,4	10,9	47	0,2	30	9,5	1,0	97	0,8	1,4	4,2	19936	0,23	0,6	3	235	1,6	46,5	4,1	70	335
Échantillon 10b-d	8,5	33	160	2,9	7,9	10	0,1	23	6,4	1,0	388	0,5	0,9	2,4	14386	0,07	0,4	0	147	0,3	29,1	2,6	122	179
Échantillon 14a	11,4	39	103	4,2	9,4	37	0,2	24	7,9	1,5	297	0,6	1,1	3,2	17130	0,17	0,5	1	186	6,1	35,0	3,1	70	211
Échantillon 10b	15,5	56	59	5,8	13,2	75	0,1	31	11,4	2,0	202	0,9	1,6	4,5	22108	0,29	0,7	1	224	0,3	51,9	4,6	152	289
Échantillon 4a	10,3	37	181	2,7	8,4	79	0,3	24	7,4	1,5	141	0,5	1,1	3,0	15129	0,40	0,5	0	174	3,2	35,6	3,1	121	175
Échantillon 8b	12,7	45	123	2,7	10,6	36	0,1	26	9,0	1,6	258	0,7	1,3	3,8	18271	0,20	0,6	1	193	0,2	41,9	3,8	144	263
Échantillon 9a	9,0	20	309	1,0	4,7	118	0,1	12	4,1	0,3	39	0,5	0,7	2,0	12882	0,42	0,6	0	156	0,2	25,4	4,1	411	138
Échantillon 27	12,9	46	99	3,7	10,8	40	0,3	26	9,3	1,6	233	0,7	1,3	3,7	18058	0,18	0,6	1	189	0,6	40,9	3,7	105	253
Échantillon 3b	6,4	27	91	3,6	6,1	18	0,1	31	6,1	1,3	235	0,4	1,0	2,1	13586	0,08	0,5	0	245	0,7	35,0	3,3	92	174
Échantillon 13b	13,6	27	85	2,1	6,1	19	0,7	24	6,2	1,1	68	0,7	0,9	2,5	20223	0,06	0,4	1	216	0,4	29,9	2,8	165	282
Échantillon 16b	26,7	32	22	1,4	7,1	56	0,1	22	6,9	0,5	33	1,1	1,4	3,6	21340	0,29	0,8	2	>370	0,9	54,2	4,7	47	364
Échantillon 5b	15,5	48	68	1,5	11,3	42	0,4	32	9,7	1,6	495	0,8	1,4	4,2	20992	0,16	0,7	1	232	2,3	47,5	4,6	108	361
Échantillon 15a	11,0	40	102	2,3	9,6	44	0,2	24	8,3	1,5	150	0,6	1,2	3,2	16486	0,19	0,5	1	189	0,4	37,3	3,2	124	207

4.3 Géochimie *in situ*

4.3.1 HHXRF

L'utilisation de la fluorescence portative (HHXRF) a permis de quantifier *in situ* de façon rapide la contamination en fonction de la distance aux contacts avec l'amphibolite. L'objectif était de déterminer l'importance de la contamination des formations de fer du contact avec une amphibolite vers le centre de la formation de fer. Pour ce faire, quatre forages différents ont été analysés. Ces échantillons offrent une bonne représentativité, puisque leur pourcentage de fer est variable (15 à 60% Fe) et que les minéraux de fer (magnétite et hématite) étaient aussi variables.

Pour le titane, il n'a pas été possible de détecter un gradient par rapport au contact. Par contre, une mesure au contact 3 a été enregistrée par l'appareil à 60 cm avec une valeur de 1% titane (Figure 36).

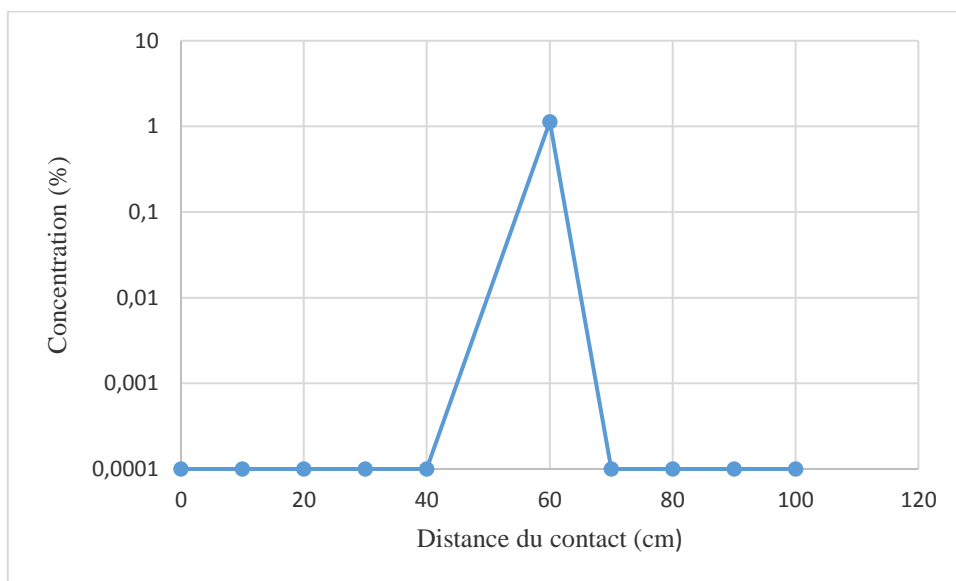


Figure 36 Concentration du TiO₂ par rapport au contact 3 avec l'amphibolite.

Pour l'aluminium, la présence d'un gradient n'est pas évidente pour tous les contacts. Par contre, le contact 3 démontre un gradient dans la formation de fer par rapport au contact (Figure 37).

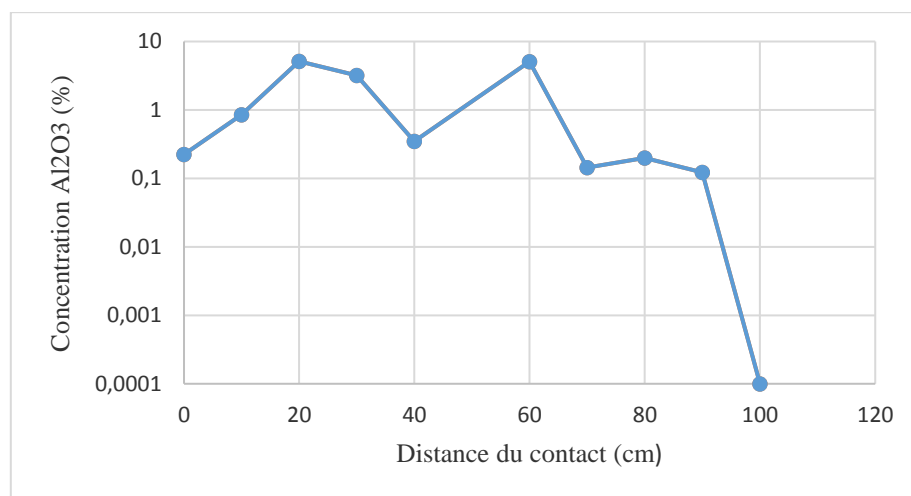


Figure 37 Concentration en Al_2O_3 dans une formation de fer par rapport au contact 3, un dyke d'amphibolite de type I.

De façon à démontrer les variations du contact vers le centre de la formation, une moyenne roulante sur trois points pour diminuer les effets locaux tel que suggéré par Ross et al. (2014), a été calculée et les données ont été normalisées par rapport à la teneur moyenne de façon à rendre comparables des éléments à teneurs variables. La figure 38 permet de présenter la variation de l'Al, le Ba et le Si le long du forage VN. Le gradient en Al s'avère important (Figure 38) montrant une décroissance rapide de trois fois la teneur moyenne à sa demi sur 30 cm tandis que le Ba et le Si sont stables. Pour le forage 2010-06 (Figure 39), le Ce et le Ba montrent une faible décroissance qui demeure toutefois à l'intérieur de la dérive de l'instrument. Bien que cet argument manque de robustesse, il suggère une décroissance (un gradient) du contact vers le centre de la formation de fer (Figure 39).

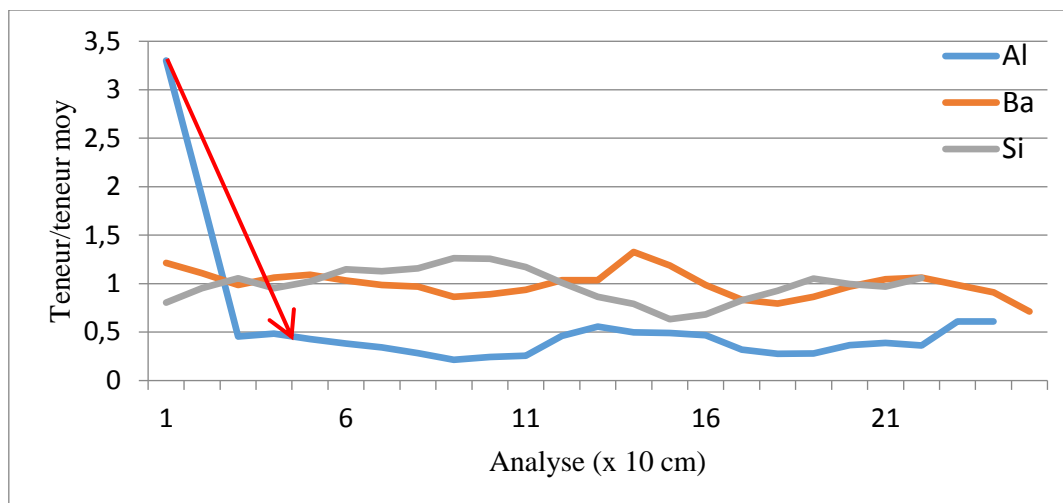


Figure 38 : Concentration normalisée par la teneur moyenne en Al, Ba et Si du forage VN. Une moyenne roulante sur 3 points a été appliquée pour diminuer les variations locales (Ross et al. 2014).

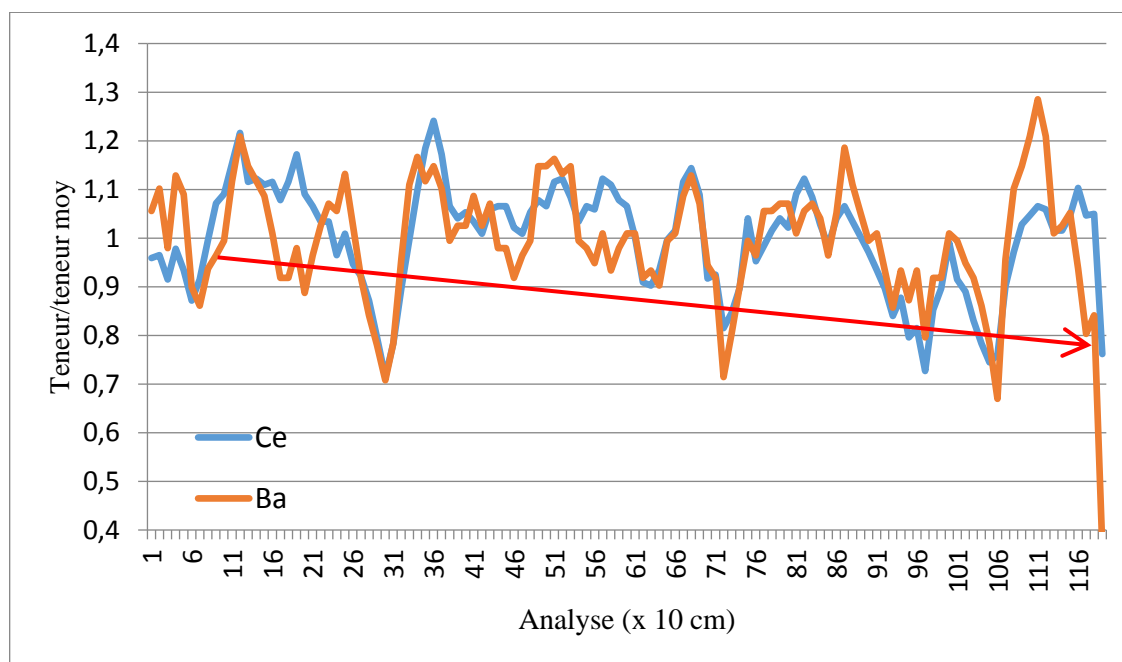


Figure 39 : Concentration normalisée par la teneur moyenne en Ce et Ba du forage 2010-06. Une moyenne roulante sur 3 points a été appliquée pour diminuer les variations locales (Ross et al. 2014).

4.3.2 Éléments traces dans les oxydes de fer

Des analyses ont été effectuées au LA-ICP-MS afin de déterminer les concentrations *in situ* en éléments traces (tableau 13) contenus dans les oxydes de fer pour établir l'éventuelle présence d'un gradient de contamination dans le minéral. Les données traitées ont été principalement comparées avec celles d'Angerer (2012). Les analyses chimiques ont été séparées par la nature de l'oxyde, soit hématite, magnétite ou martite.

Tableau 13 Résultats d'analyse (en µg/g) du LA-ICP-MS de l'hématite et la martite. (na= nom=analysé)

Échantillon	Nb de cm du contact	Al	Ti	Ca	Mg	Mn	Pb	Zn	Cu	Cr	Co	Ni
Magnétite												
3c-14	0,3	2,7	0,78	0,25	1,9	31,1	0,05	2,1	0,01	na	0,25	0,37
3c-13	0,5	4,6	0,47	na	0,5	28,2	0,05	2,3	na	na	0,19	0,34
5e -1	15,6	19,9	0,55	na	7,4	13,9	0,06	0,0	na	na	0,07	0,20
Moyenne		9,1	0,60	0,25	3,3	24,4	0,05	1,5	0,01	na	0,17	0,30
Écart type		7,7	0,13	0,00	3,0	7,5	0,00	1,0	0,00	na	0,07	0,07
Hématite												
5d-2	1,1	13,1	0,26	0,12	2,1	7,0	0,22	0,2	0,04	0,02	0,20	0,38
5d-3	1,2	11,2	0,21	0,11	2,0	4,2	0,11	0,1	0,03	0,03	0,30	0,12
5d-4	1,3	9,5	0,27	1,30	1,9	7,6	0,36	0,4	0,03	na	0,21	0,15
5d-5	1,4	11,2	0,57	0,04	2,1	7,4	0,27	0,2	0,04	0,01	0,15	0,12
5d-1	1,0	14,1	0,27	0,30	3,6	6,9	0,10	0,3	0,02	0,01	0,17	0,09
5d-6	1,7	4,4	0,61	0,35	1,5	4,9	0,16	0,3	0,03	0,03	0,18	0,04
3e - 1	101,0	47,0	0,69	4,60	6,2	22,6	1,72	0,4	0,23	0,35	0,41	0,44
Moyenne		15,8	0,41	0,97	2,8	8,7	0,42	0,3	0,06	0,08	0,23	0,19
Écart type		13,1	0,19	1,53	1,5	5,8	0,54	0,1	0,07	0,12	0,09	0,14
Martite												
5e -2	15,5	21,9	0,51	0,19	6,4	12,8	0,04	0,1	0,01	0,11	0,18	na
5e -3	15,4	18,3	0,49	0,25	5,3	12,5	0,05	0,1	0,01	0,05	0,13	0,19
3d-5	0,9	6,9	0,04	0,05	0,8	7,6	0,29	0,1	0,04	na	0,13	0,18
3d-4	1,2	6,8	0,03	0,20	1,2	7,7	0,27	0,1	0,03	na	0,13	2,60
3e -4	103,0	20,5	0,40	0,28	4,2	27,3	0,45	2,8	0,06	0,01	0,22	0,27
3c-10	0,1	4,0	0,60	0,14	0,6	20,7	0,02	2,2	0,03	0,08	0,72	1,48
3c-12	0,3	6,1	1,17	0,26	1,0	30,7	0,03	2,0	0,04	0,05	0,24	0,40
3d-6	1,0	20,9	0,28	2,50	5,5	7,8	0,59	0,2	0,07	na	0,13	0,23
3d-3	1,5	5,9	0,01	0,23	1,2	7,6	0,11	0,1	0,01	0,05	0,13	0,16
3d-1	1,8	6,5	0,07	na	1,2	8,2	0,05	0,1	0,01	0,02	0,13	0,28
3d-2	2,0	5,8	0,02	0,16	1,3	8,4	0,14	0,1	0,01	0,12	0,14	0,31
3e -4	100,0	61,0	0,67	0,77	11,0	25,1	0,80	0,6	0,19	0,14	0,22	0,55
3e -3	103,0	34,0	0,51	0,22	6,8	12,4	0,25	1,5	0,05	0,03	0,21	0,32
3e - 6	104,0	11,7	0,81	0,31	3,1	24,0	0,20	3,4	0,03	na	0,17	0,27
5e -4	15,2	29,9	0,53	13,30	7,2	8,3	0,24	0,1	0,05	0,15	0,11	0,42
5e -5	15,3	32,2	0,43	0,62	5,3	17,0	0,09	0,1	0,03	na	0,09	0,24
5e -6	15,1	16,3	0,46	0,47	5,0	15,4	0,09	0,0	0,01	0,04	0,07	0,16
3e -5	104,0	26,8	0,45	0,67	4,0	28,4	0,45	1,0	0,07	0,04	0,22	0,42
Moyenne		18,6	0,42	1,21	3,9	15,7	0,23	0,8	0,04	0,07	0,19	0,50
Écart type		14,2	0,30	3,071	2,8	8,0	0,2114	1,1	0,0413	0,0449	0,1378	0,6034

Il est possible d'observer que la plupart des éléments analysés présentent des teneurs similaires en comparant les teneurs moyennes des magnétites, hématites et martites, et en

tenant compte des écarts-types sur la moyenne. Cependant, le Mn présente des teneurs nettement supérieures dans les magnétites ($24 \pm 8 \mu\text{g/g}$) par rapport aux hématites ($9 \pm 6 \mu\text{g/g}$) ainsi que le Zn ($1,5 \pm 1 \mu\text{g/g}$ versus $0,3 \pm 0,1 \mu\text{g/g}$). Le phénomène de martitisation est provoqué par des conditions hypogènes (eau chaude) et amène l'oxydation du Fe^{2+} de la magnétite (Angerer et al, 2013). Donc, certains éléments qui se substituaient au Fe^{2+} ne peuvent plus être contenus dans la nouvelle structure composée uniquement de Fe^{3+} de l'hématite ce qui provoque une « purification » du minéral. Cela amène une perte des éléments comme le Mn et le Zn et une augmentation relative des éléments relativement immobiles (Angerer et al, 2013). Les comparaisons des teneurs dans les oxydes de fer s'éloignant du contact au LA-ICP-MS établissent que les oxydes de fer des formations de fer près d'un contact avec une amphibolite présentent des teneurs plus élevées en éléments traces que celles éloignées du contact suggérant une contamination des formations de fer par les amphibolites. Toutefois, les teneurs obtenues par LA-ICP-MS dans ces oxydes demeurent trop faibles pour expliquer la contamination principale.

La distribution de la concentration en éléments chimiques par rapport au contact a été étudiée. La figure 40 montre le comportement du titane dans les oxydes de fer du contact 3, qui selon les analyses géochimiques de roches totales de l'entreprise, seraient plus contaminés en titane. On remarque que pour le Ti dans les oxydes de fer, il y a un gradient décroissant par rapport au contact.

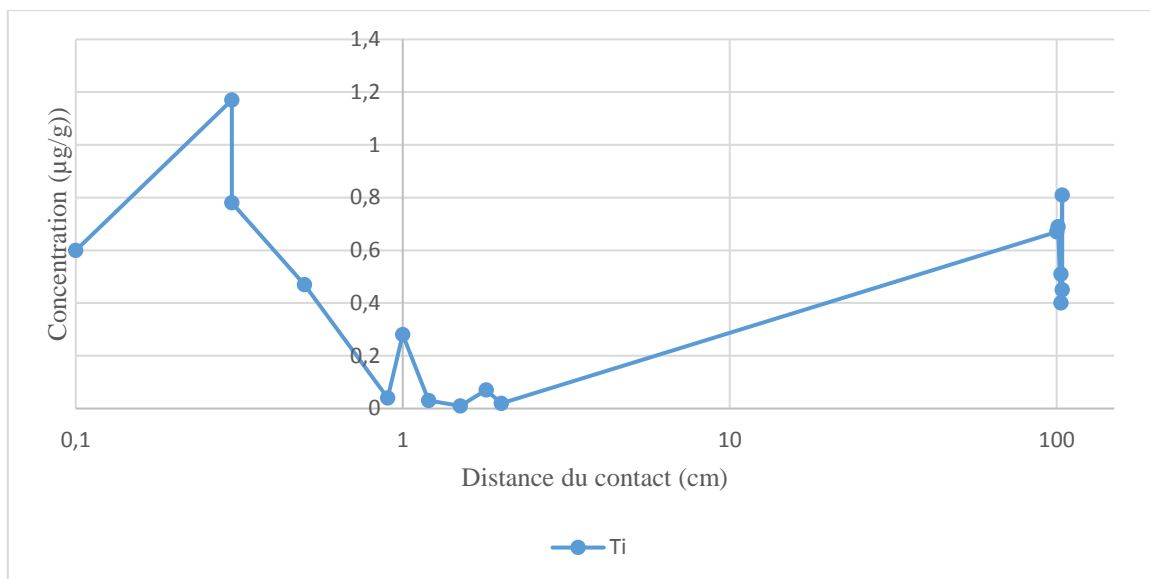


Figure 40 Concentration en titane dans les oxydes de fer des formations de fer près du contact 3 avec une amphibolite.

4.3.3 Géochimie des minéraux contaminants

À l'aide du MEB, certains minéraux ont été analysés afin d'en connaître la chimie et de pouvoir caractériser les minéraux contaminants qui n'ont pas pu être identifiés au microscope optique. Ils avaient été ciblés en microscopie optique. D'abord, il faut établir que certains oxydes de fer sont contaminés. C'est le cas de la lame 4d, se trouvant directement au contact avec une amphibolite. Les analyses ont permis de déterminer une chimie à 96% Fe_2O_3 et 4% Al_2O_3 dans des grains de magnétite. Cette lame n'avait pas été analysée au LA-ICP-MS. Donc, il est fort probable que les oxydes de fer possèdent des substitutions qui diminuent la qualité du minerai.

Les plagioclases altérés observés dans la lame 8e (1 m du contact) se retrouvent être une source potentielle de contamination (Tableau 14). En effet, les plagioclases contiennent du Na, du Mg, de l'Al, du K et du Ca.

Tableau 14 Résultats d'analyse des plagioclases altérés de la lame 8e

Éléments	%poids
Si	50,93
O	21,79
Na	1,51
Mg	1,94
Al	16,59
Ca	4,17
K	3,07

Finalement, on retrouve du rutile dans certaines des formations de fer (Figure 41), ce qui confirme les résultats obtenus par microscopie optique

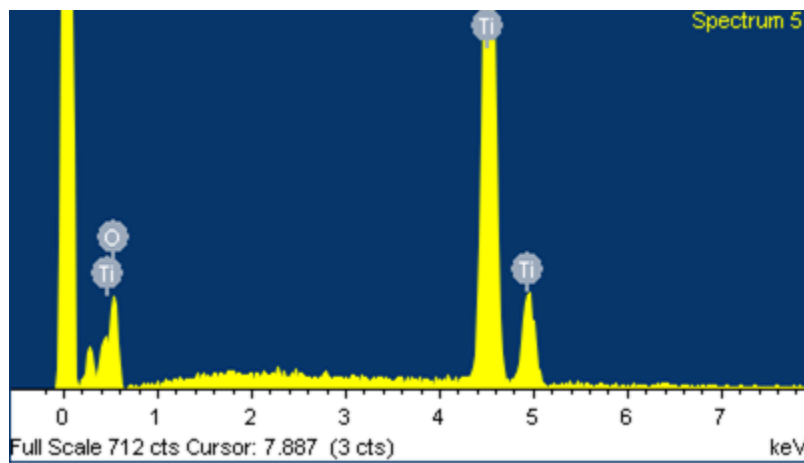


Figure 41 Spectre de rayon X en énergie dispersive de rutile dans la formation de fer.

Chapitre 5 : Discussion

5.1 Les formations de fer

5.1.1 Évidence de la contamination

Les échantillons sélectionnés pour le présent projet avaient été décrit comme étant plus contaminés que la majorité des échantillons du Mont-Wright. Pour démontrer l'affirmation que la contamination est un problème au sein du gisement, une comparaison (Tableau 15) entre une moyenne de 3200 analyses du Mont-Wright composés uniquement de formation de fer avec la moyenne de 12 échantillons du projet considérés comme contaminés a été faite.

Tableau 15 Tableau de comparaison entre les valeurs moyennes du Mont-Wright (Moy Mw; n=3200) et la valeur moyenne des échantillons contaminés près du contact avec une amphibolite (Moy Éch. Cont; n= 12). Les valeurs sont en % poids.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃
Moy Mw	56,24	0,10	0,71	42,38	0,07	0,37	0,41	0,15	0,12	0,06	0,04
Moy Éch. Cont	49,22	0,33	1,45	45,74	0,14	1,74	1,78	0,11	0,29	0,05	0,04

Le tableau met en évidence que la quantité de titane triple dans les échantillons contaminés et que l'aluminium double. Les concentrations en MnO, le MgO, le CaO et le K₂O doublent aussi. Le Cr₂O₃ pour sa part demeure stable et on observe une diminution du P₂O₅. Il est donc possible de voir que dans la majorité des échantillons contaminés, la qualité du minerai de fer sera grandement affectée par la présence de contaminant comme l'aluminium, le magnésium, le calcium et le titane. La diminution du P₂O₅ pourrait amener l'hypothèse que la contamination n'est pas reliée à la présence de l'amphibolite. En effet, si la concentration dans les échantillons contaminés au contact de l'amphibolite diminue, il est possible que la source ne soit pas l'amphibolite.

5.1.2 Comparaison avec un gisement similaire

Les formations de fer du Mont-Wright étant réputées pour leur faible teneur en éléments délétères, il est intéressant de les comparer à des gisements similaires. Parmi les gisements similaires décrits dans la littérature, les gisements chinois d'Anshan, de type Lac-Supérieur, ont été retenus puisqu'ils contiennent environ le même pourcentage de fer qu'au Mont-Wright, soit 30% (Sun et al, 2013). De plus, ces gisements se retrouvent au même faciès métamorphique que celui du Mont-Wright, soit schiste vert à amphibolite. Finalement, les gisements chinois retenus présentent également une contamination avec deux unités lithologiques, soient des amphibolites et des schistes à hornblende (Sun et al, 2013) leurs conférant de nombreuses similitudes à celles du Mont-Wright.

Les gisements brésiliens (Rosière et al, 2006) et australiens de Koolyanobbing (Angerer et al, 2012) décrits dans la littérature n'ont pas été pris en compte dans la comparaison puisqu'il s'agit de gisements enrichis de façon hypogène et/ou supergène donc, qui recèlent une plus grande teneur en fer (supérieur à 50% Fe). De plus, une certaine activité hydrothermale aurait également modifié la chimie de ces formations de fer (Tableau 16).

Tableau 16 : Tableau résumé des différentes caractéristiques des formations de fer autour du monde. Source : Brésil (Lobato, 2013), Australie (Angerer et al, 2012), Chine (Sun et al, 2013), Mont-Wright (Chung et al, 2015).

	Quadrilatero ferrifero (Brésil)	Koolyanobbing (Australie)	Anshan (Chine)	Mont- Wright (Québec)
% de Fer	Plus de 64 %	Plus de 65 %	30-35 %	30 %
Métamorphisme	Schiste vert à amphibolite	Schiste vert à amphibolite	Schiste vert à amphibolite	Amphibolite
Contamination	Non-disponible	Al, Ti, Mn	Al, Ti, Mn	Al, Ti, P
Type de formation de fer	Lac Supérieur	Lac Supérieur	Lac Supérieur et Algoma	Lac Supérieur
Enrichissement secondaire	Plusieurs stages d'hydro-thermalisme	Plusieurs stages d'hydro-thermalisme	Aucun	Aucun

Pour débiter la comparaison, 15 analyses du gisement d'Anshan (Tableau 17) (Wang et al, 2014) sont comparées à 9 analyses du Mont-Wright (Figure 42 et 43).

Tableau 17 Résumé des résultats d'analyse des éléments majeurs (en %poids) du minerai de fer du gisement chinois d'Anshan (Tiré de Wang et al, 2014). Mq = Formation de fer à magnétite, Hm = Formation de fer enrichie, Ar = Formation de fer altérée.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	TOTAL
Mq1	52,10	0,01	1,44	40,51	0,07	1,86	1,28	0,13	0,06	0,10	0,01	97,57
Mq2	43,26	0,01	0,26	52,76	0,07	1,46	1,58	0,13	0,05	0,13	0,01	99,72
Mq3	30,74	0,01	0,49	55,86	0,13	0,66	6,04	0,12	0,02	4,20	0,01	98,28
Mq4	46,99	0,01	0,68	43,91	0,12	0,80	5,01	0,11	0,02	0,08	0,01	97,74
Mq5	44,55	0,04	3,41	45,06	0,15	4,75	0,99	0,17	0,15	0,12	0,01	99,40
Mq6	53,74	0,03	0,93	39,60	0,14	2,23	3,01	0,16	0,03	0,09	0,01	99,97
Hm1	14,06	0,06	0,57	74,73	0,17	0,79	3,93	0,14	0,03	2,51	0,02	97,01
Hm2	9,62	0,01	0,58	87,87	0,17	0,74	0,12	0,16	0,08	0,03	0,01	99,39
Hm3	19,91	0,01	0,45	79,61	0,06	0,41	0,04	0,14	0,07	0,04	0,01	100,75
Hm4	23,82	0,01	0,84	73,97	0,19	0,81	0,01	0,15	0,14	0,01	0,01	99,96
Hm5	5,18	0,01	1,00	93,42	0,08	1,14	0,07	0,17	0,04	0,01	0,01	101,13
Ar1	28,10	1,15	16,18	42,08	0,29	7,33	0,07	0,06	0,06	0,03	0,03	95,38
Ar2	23,97	1,32	16,38	43,70	0,24	8,70	0,03	0,07	0,10	0,01	0,03	94,55
Ar3	20,39	2,75	14,70	46,48	0,11	9,04	0,05	0,08	0,07	0,01	0,01	93,69
Ar4	43,57	0,80	12,04	27,46	0,06	9,51	0,04	0,07	0,02	0,01	0,01	93,59

Le Fe_2O_3 et le SiO_2 ont été exclus du graphique (Figure 42) vu leur teneur importante. De plus, comme il s'agit des éléments majeurs des formations de fer, ils apportent peu d'indications relatives à la contamination ou autres processus géochimiques.

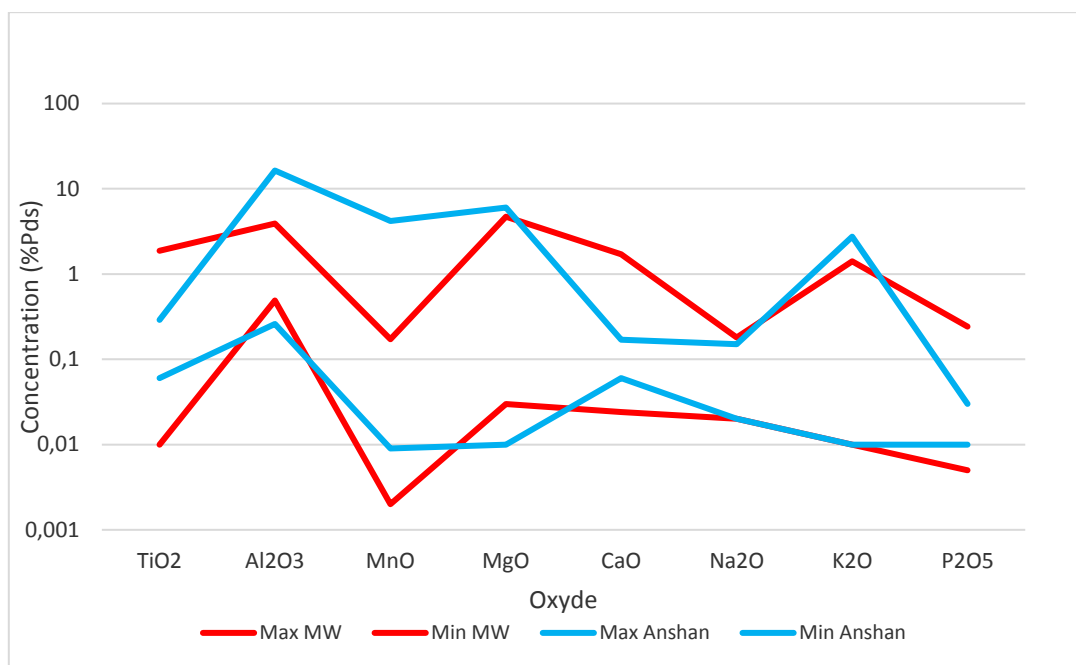


Figure 42 Diagramme de comparaison entre les éléments majeurs des formations de fer du Mont-Wright et d'Anshan. Max MW = teneur maximale des échantillons du gisement du Mont Wright; Min MW = teneur minimale des échantillons du gisement du Mont Wright; Max Anshan = teneur maximale des échantillons du gisement d'Anshan; Min MW = teneur minimale des échantillons du gisement d'Anshan.

Les concentrations de plusieurs oxydes sont moins élevées dans les formations de fer du Mont-Wright, comme pour l' Al_2O_3 , et le MnO . Toutefois, il est notable que plusieurs échantillons du Mont-Wright aient une plus grande variabilité dans les résultats comme pour le P_2O_5 , le TiO_2 et le CaO que ceux d'Anshan. Plusieurs échantillons d'Anshan (Figure 42) présentent aussi des teneurs nettement plus faibles en TiO_2 . Il y a toutefois quelques échantillons du Mont Wright qui présentent des teneurs plus élevées en CaO , P_2O_5 et TiO_2 .

que le gisement d'Anshan. Un échantillon riche en TiO₂, le numéro 8e, qui augmente significativement le maximum du Mont-Wright, se trouve à plus d'un mètre de l'amphibolite et on y retrouve 2% de rutile.

Pour poursuivre dans la comparaison entre le gisement d'Anshan et le gisement du Mont-Wright, une comparaison entre les éléments traces a été effectuée. Le tableau 18 représente les éléments traces du gisement d'Anshan tiré du texte de Wang et al, 2014.

Tableau 18 Résumé des analyses en éléments traces du gisement d'Anshan (Modifié de Wang et al, 2014). Mq = Formation de fer à magnétite, Hm = Formation de fer enrichie, Ar = Formation de fer altérée.

Échantillon	Ba	Ce	Cr	Dy	Er	Eu	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Nb	Nd	Ni
Unité	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Mq1	10,4	6,5	20	0,79	0,56	0,27	0,71	0,3	0,19	3,4	0,09	1,1	3,0	10
Mq2	26,0	4,2	10	0,81	0,67	0,41	0,68	0,2	0,19	2,3	0,14	0,3	2,4	1
Mq3	4,3	12,9	10	1,94	1,37	1,37	1,85	0,2	0,46	7,1	0,22	0,5	6,8	1
Mq4	2,3	5,1	10	0,66	0,53	0,27	0,60	0,2	0,16	3,0	0,09	0,6	2,6	1
Mq5	20,9	5,3	10	0,70	0,55	0,18	0,44	1,1	0,17	2,9	0,10	2,0	1,9	1
Mq6	3,0	2,8	10	0,63	0,53	0,21	0,52	0,2	0,16	1,6	0,09	0,9	1,5	1
Hm1	4,4	11,5	90	2,17	1,48	1,34	2,02	0,3	0,48	5,5	0,20	0,6	6,8	1
Hm2	7,9	1,7	10	0,19	0,16	0,05	0,16	0,2	0,04	1,0	0,04	0,9	0,7	1
Hm3	10,1	2,0	10	1,14	1,10	0,29	0,67	0,2	0,31	0,7	0,19	0,6	1,8	1
Hm4	13,0	16,8	10	6,61	4,84	3,02	6,22	0,2	1,56	5,2	0,64	0,7	16,2	1
Hm5	4,2	2,7	10	0,42	0,35	0,11	0,28	0,2	0,10	1,5	0,07	3,4	1,3	2
Ar1	3,3	5,0	240	2,35	1,87	0,31	1,67	1,9	0,58	2,2	0,32	5,9	3,7	109
Ar2	4,9	8,0	260	3,20	2,25	0,42	1,97	2,1	0,73	3,3	0,39	20,4	5,8	73
Ar3	4,2	7,5	20	1,60	0,97	0,38	1,77	2,0	0,34	2,9	0,14	11,2	6,6	134
Ar4	1,5	13,1	70	2,17	1,48	0,74	1,87	1,2	0,46	5,9	0,26	2,4	7,7	63

La figure 43 démontre la comparaison entre les éléments traces du Mont-Wright et ceux d'Anshan. On remarque nettement la différence entre les formations de fer du Mont-Wright et celles des gisements d'Anshan. En effet, le patron de distribution est plus plat pour le gisement d'Anshan que celui du Mont-Wright où des anomalies négatives (faibles teneurs)

en K, P et Ti sont présentes (sauf pour un échantillon). Il est possible d'observer une opposition entre les analyses de K, P et Ti. Le Nb, La, Sr et Y restent semblables dans les deux gisements. Donc, le gisement du Mont-Wright possède, pour la majorité des éléments, des teneurs en éléments mineurs similaires ou moins importantes que le gisement d'Anshan.

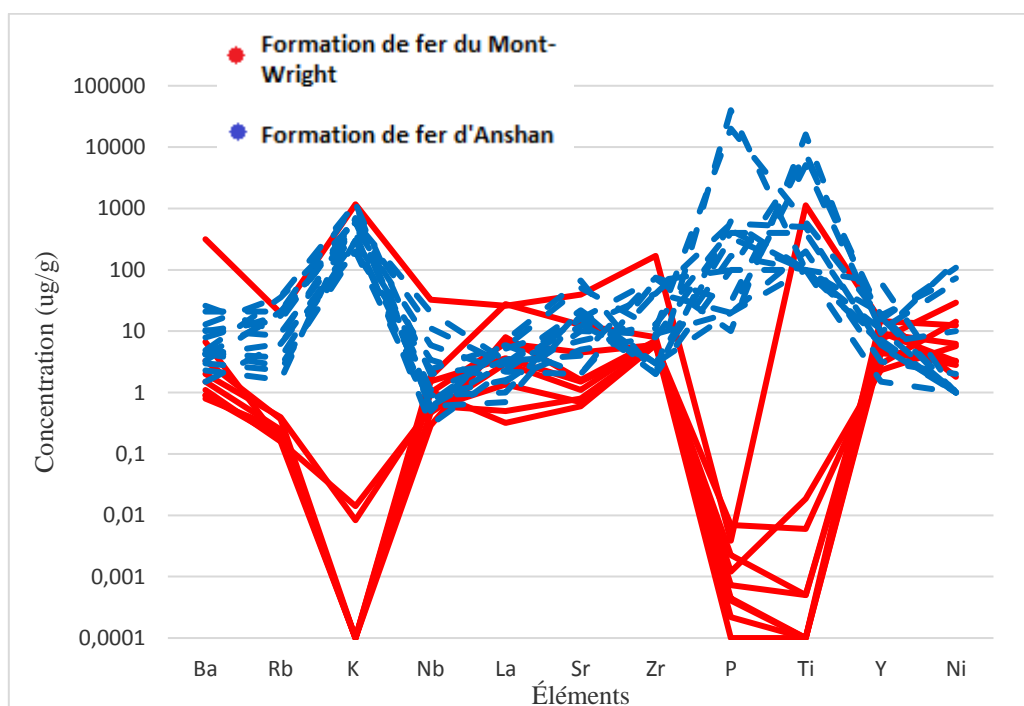


Figure 43 Diagramme de comparaison des éléments traces dans les formations de fer du Mont-Wright et du gisement d'Anshan.

5.1.3 Comparaison avec les gisements de la Formation de Sokoman

Les formations de fer du Mont-Wright ont aussi été comparées avec les formations de fer de la Formation de Sokoman que l'on retrouve dans la fosse du Labrador. L'objectif principal était de déterminer si la problématique de la contamination se trouvait être locale ou si c'était une contamination davantage élargie. Le tableau 19 résume les analyses tirées de Williams et Schmidt (2004).

Tableau 19 Analyses en éléments majeurs (en % poids) de la formation de Sokoman, modifié de Williams et Schmidt, 2004.

Éléments	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
SK01	52,2	0,05	44,24	0,04	0,1	0	0	0	0,02	0,03
SK02	50,7	0,04	48,78	0,03	0,06	0	0	0	0,01	0,01
SK08	52,1	0,49	44,91	0,14	0,5	0,42	0,06	0,07	0,03	0,02

La figure 44 démontre la moyenne des échantillons du Mont-Wright normalisé par la moyenne des échantillons de la formation de Sokoman dans le but de comparer les deux formations.

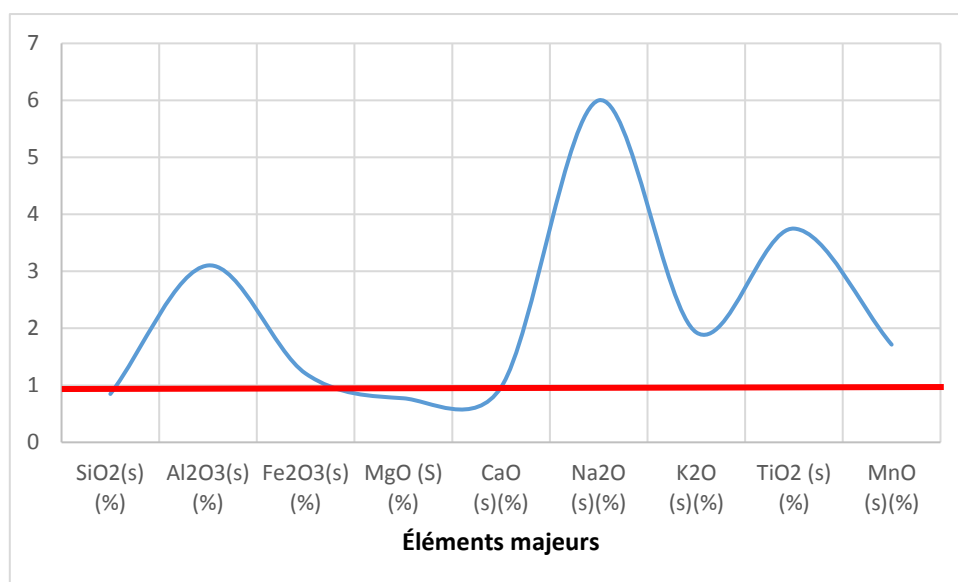


Figure 44 Graphique de la moyenne des échantillons du Mont-Wright normalisée par la moyenne des échantillons de la formation de Sokoman.

Il est possible de remarquer que pour la majorité des éléments, la concentration en éléments majeurs est supérieure pour les analyses du Mont-Wright. En effet, le résultat du Mont-Wright pour l'Al₂O₃ est trois fois supérieur à la formation de fer de Sokoman. Pour le Na₂O, il est six fois supérieur et pour le TiO₂, il est presque quatre fois supérieur aux analyses

du reste de la fosse du Labrador. Le MgO et le CaO ont des concentrations un peu plus faibles pour la formation de Sokoman.

Donc, il est possible de conclure que les analyses du Mont-Wright demeurent différentes de celle du reste de la formation de Sokoman de la fosse du Labrador et qu'elles sont davantage contaminées. La contamination semble donc être un phénomène propre aux formations de fer du Mont Wright.

5.1.4 Comparaison entre les formations de fer près et éloigné du contact avec l'amphibolite

Enfin, une comparaison entre les formations de fer près du contact (1 cm du contact avec une amphibolite et présumé altérer macroscopiquement) et les formations de fer (100 cm du contact avec une amphibolite et présumé saine) a été faite (Figure 45). Les données proviennent des analyses en roches totales. Le but était de détecter une différence géochimique à proximité du contact avec une amphibolite pour ainsi déterminer l'apport de contaminant de l'amphibolite.

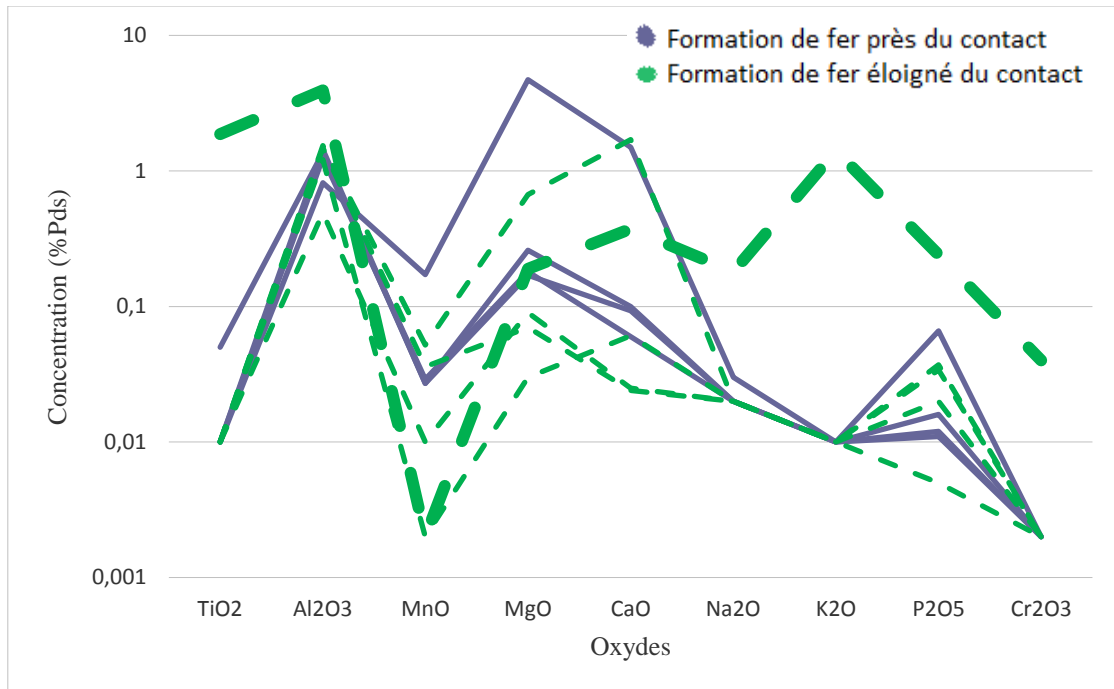


Figure 45 Diagramme multi-éléments de comparaison entre les échantillons près (1 cm) et ceux éloignés du contact (100 cm).

Les échantillons près du contact présentent une teneur inférieure à 0,03% MnO sauf dans le cas d'un échantillon, alors que les échantillons éloignés sont tous inférieurs à 0,005% MnO. La présence de MnO peut être reliée à la circulation d'un fluide. Comme les échantillons au contact avec une amphibolite sont nettement plus riches, il pourrait s'agir d'une indication de la circulation de fluide au contact entre l'amphibolite et la formation de fer. L'un des échantillons éloignés a des teneurs nettement supérieures aux autres. Il s'agit du même échantillon ayant été classé dans le type II, soit le 8e. Les valeurs en Al_2O_3 , en P_2O_5 et en Cr_2O_3 sont très similaires pour les échantillons à proximité et éloignés sauf dans ce cas. Les données recueillies avec le HHXRF permettent d'obtenir un gradient à plus courte échelle qui sera discuté plus tard.

Donc, les éléments contenus dans cette section des formations de fer n'a pas établi un lien direct entre l'un d'eux. En effet, les analyses sont prises directement au contact et à 1 mètre de celui-ci. Il est possible que la variation s'exprime à une échelle différente ou qu'elle est erratique. Les données du HHXRF discutées plus tard reviendront sur cette hypothèse. La différence de contamination entre les échantillons près du contact ne diffère pas beaucoup des échantillons éloignés du contact et il n'est donc pas possible d'établir un lien spatial.

5.2 Les amphibolites

5.2.1 Distinction entre les deux types d'amphibolites

Les données géochimiques présentées dans le chapitre 4 sont en accord avec les observations pétrographiques que les amphibolites se divisent en deux groupes distincts (Figure 46). Le type I regroupe la majorité des échantillons. Il est riche en TiO_2 . Le type II regroupe quelques échantillons plus atypiques. En comparant les résultats d'analyses chimiques des éléments majeurs des échantillons de type I et de type II, on remarque que la composition est assez homogène dans le cas du type I, alors que le type II possède des variations importantes, surtout pour le CaO et le Na_2O . La teneur en TiO_2 est plus faible pour le type II. Elle était aussi observable en lame mince où la quantité d'ilménite est inférieure. La quantité de P_2O_5 est aussi plus faible pour le type II. Il est possible que les deux éléments (TiO_2 et P_2O_5) soient liés. Ensuite, la quantité de perte au feu (voir chapitre 4, tableau 11) est beaucoup plus importante dans le cas du type II. Compte tenu de la présence de graphite, il est fort probable que cette perte au feu soit la preuve de la présence d'argile ou de graphite. La présence de graphite peut être d'origine sédimentaire ou d'origine ignée, par exemple

dans les veines. Il est aussi possible de retrouver du graphite hydrothermal (Rumble, 2014). Un fluide hydrothermal pourrait avoir circulé dans l'amphibolite ou au contact entre les deux unités. Rumble explique que la précipitation du graphite est favorisée par la présence de minéraux hydratés comme par exemple la biotite. Donc les minéraux hydratés et le graphite secondaire sont souvent observés dans les roches plutoniques altérées (Rumble, 2014).

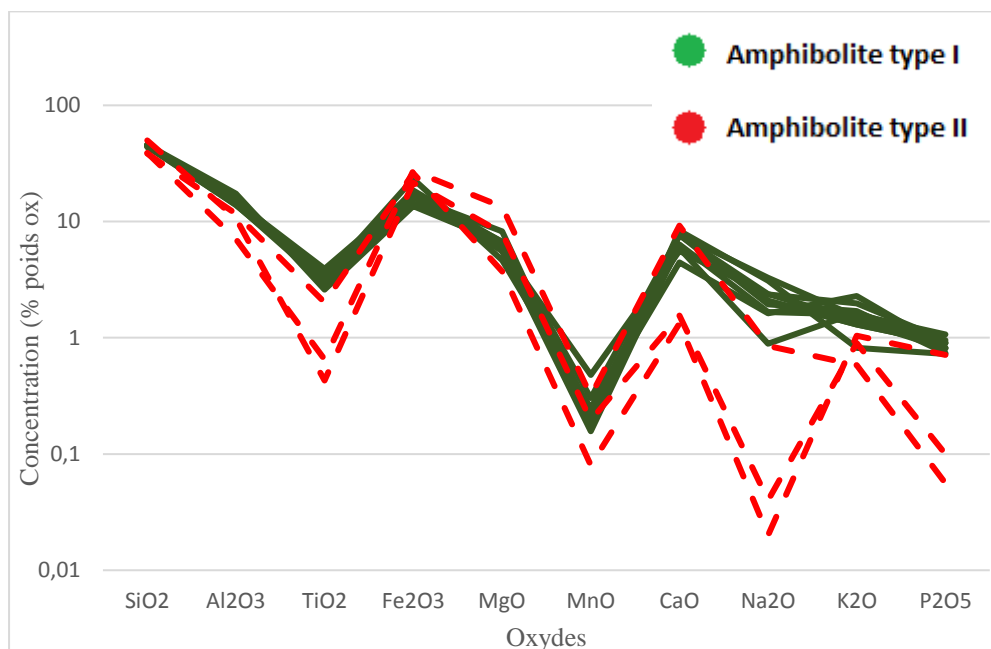


Figure 46 Comparaison entre les amphibolites du Mont-Wright, de type I (vert) et de type II (rouge).

Pour les éléments traces, ceux-ci sont présentés sous forme de diagramme multi-éléments normalisé par le manteau primitif (Figure 47) par lequel on peut y reconnaître le type I (trait plein) et le type II (trait pointillé) d'amphibolite. La teneur décroît avec l'étalement des éléments. Les éléments incompatibles sont entre 100 et 10 fois la concentration du manteau primitif alors que les éléments compatibles sont inférieurs au manteau primitif. Comme les éléments incompatibles sont importants dans les amphibolites,

ils peuvent suggérer une cristallisation fractionnée et le Cr et le Ni appauvris suggèrent une source profonde (Robert et Bousquet, 2014), si les amphibolites sont d'origines ignées.

Le type II démontre des variations entre les échantillons beaucoup plus importantes. Dans l'ensemble, ils sont beaucoup moins riches en éléments incompatibles et le Ba, Rb, K, Sr et La sont plus variables (Figure 47). Le P, le Ti et l'Yb sont plus bas que dans le premier type, mais le Zr est très similaire. Les éléments très compatibles semblent similaires à ceux du type I, donc il est possible que le type II soit des amphibolites de type I ayant subi une altération plus importante ou des variations locales.

Le rapport élevé des terres rares légères sur les lourdes semble suggérer une tendance alcaline (Robert et Bousquet, 2014) (Figure 47).

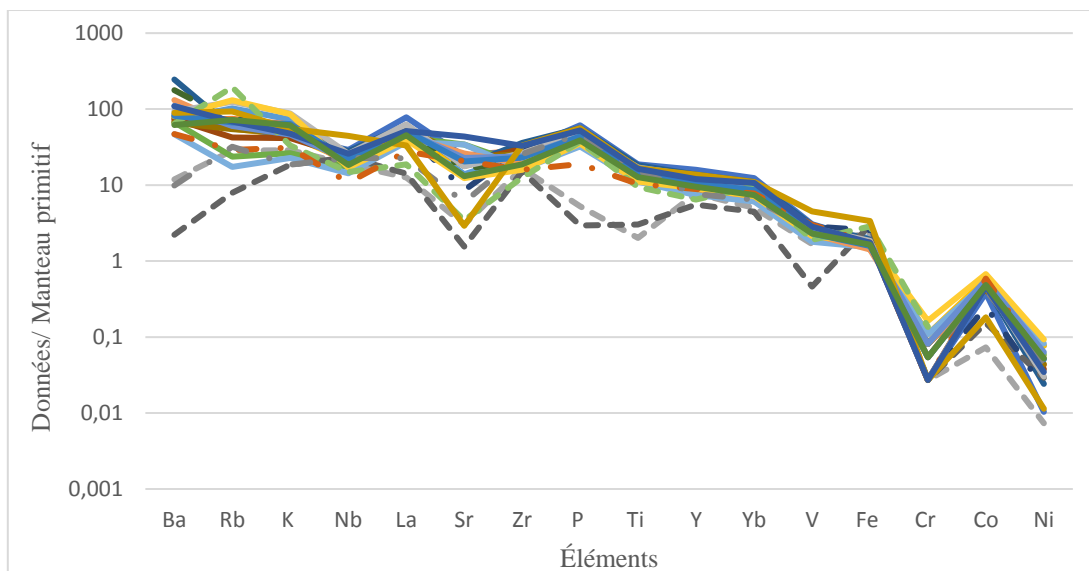


Figure 47 : Diagramme multi-éléments traces divisés par le manteau primitif des amphibolites (type I en trait plein et type II en pointillé).

Donc, les comparaisons entre les types I et les types II observées en microscopie sont aussi démontrés par la géochimie. Par contre, la nature de celle-ci n'a pas été établit. Plusieurs hypothèses sont :

- l'un des deux types est d'origine sédimentaire et l'autre d'origine ignée;
- les deux types ont la même origine, mais l'un deux est davantage altéré;
- les deux types ont la même origine, mais des variations locales sont observées.

5.2.2 Nature des amphibolites

La reconnaissance de deux groupes d'amphibolites au niveau de la géochimie corrobore les observations pétrographiques. De façon à valider s'il s'agit d'une roche sédimentaire métamorphisée, les échantillons du Mont-Wright ont été comparés à des analyses de la formation de Menihek pouvant correspondre à la séquence stratigraphique de la Fosse du Labrador. La détermination du protolithe pourrait avoir une influence sur l'origine et la source de contamination. La présence de graphite observée dans le type II permet de supposer que si l'amphibolite est de nature sédimentaire, il pourrait s'agir du shale de Menihek dans lequel on retrouve du graphite. Rioux (2008) a en effet répertorié et analysé divers shales du Menihek se retrouvant dans le terrane de Gagnon. Par contre, la présence de graphite peut aussi être d'origine hydrothermale selon Rumble (2014). Les analyses proviennent de Rioux (2008) et sont disponibles dans le tableau 20 pour les analyses majeures.

Tableau 20 Analyses en éléments majeurs du shale de Menihek, tiré de Rioux 2008.

	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	MnO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)
SOQ1	35,77	0,28	4,57	31,97	2,22	0,64	0,12	1,13	0,38
SOQ6	44,01	0,62	8,05	16,88	4,13	0,41	0,51	3,68	0,42
SOQ7	32,2	0,4	5,91	29,15	2,78	0,1	0,61	2,21	0,14
SOQ8	39,12	0,33	6,92	22,51	0,85	0,04	0,65	3,56	0,18
SOQ12	17,84	0,39	3,38	20,12	2,87	0,07	0,67	0,24	0,4
SOQ14	49,98	0,68	6,71	24,43	3,52	0,98	0,12	2,06	0,19
SOQ15	55,58	0,47	4,94	9,57	1,75	0,88	0,04	0,11	0,26

La moyenne des analyses majeures du Mont-Wright ont été normalisé par la moyenne des analyses du shale de Menihek (Figure 48).

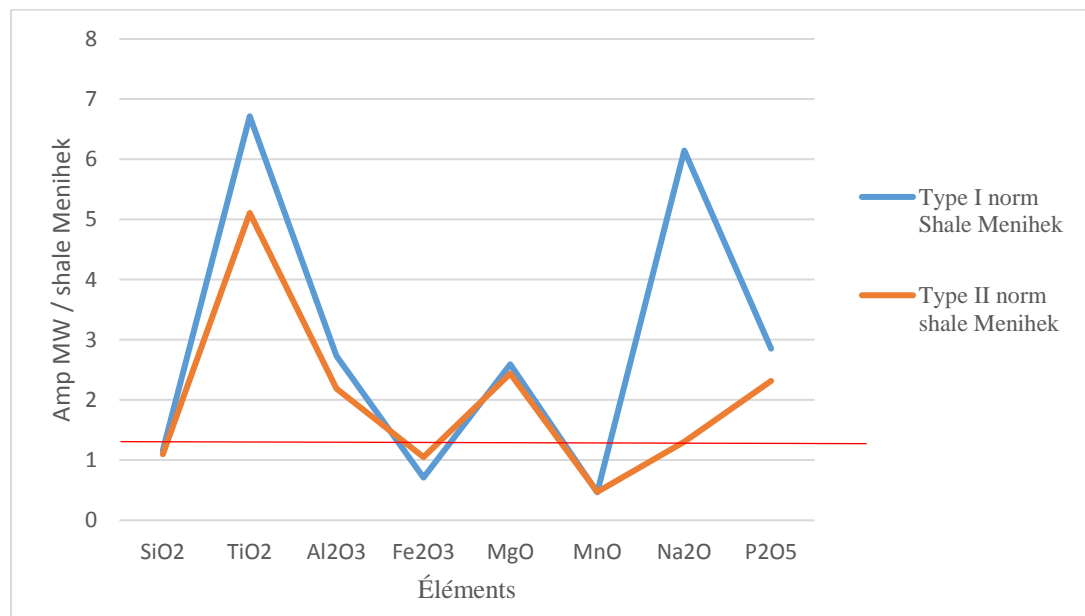


Figure 48 Graphique de la moyenne des échantillons du Mont-Wright normalisée par la moyenne des échantillons du shale de Menihek.

Il est possible de remarquer que pour les éléments majeurs, les amphibolites du Mont-Wright sont nettement plus enrichies en Al₂O₃, en MgO, en Na₂O et en TiO₂ que le shale du Menihek. Les proportions de Fe₂O₃, de MnO et de SiO₂ sont semblables. Donc, il n'est pas possible d'établir une corrélation entre les deux à partir des éléments majeurs. De plus, il

n'est pas possible de faire une corrélation entre le type I ou le type II avec le shale de Menihek.

Le tableau 21 regroupe les analyses mineures du shale de Menihek, tiré de Rioux (2008).

Tableau 21 Éléments mineurs du shale de Menihek (modifié de Rioux, 2008)

	Ba	Ce	Co	Cs	Dy	Er	Eu	La	Nb
	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g
SOQ1	162	80,5	64,8	6	7,42	4,46	1,65	30,8	5,7
SOQ6	524	38,6	23,6	10,1	4,29	2,43	1,8	15,5	17,1
SOQ7	176	58	37,9	3,9	2,91	1,95	1,06	30,4	20,8
SOQ8	300	74,2	28	1,7	4,34	2,37	1,49	43	20,1
SOQ12	31	32,5	88,4	0,1	2,88	2,43	1,36	13,3	4,9
SOQ14	114	76,9	34,1	12,4	4,54	3,08	1,59	33,8	33,9
SOQ15	163	11,4	4,2	1,2	4,46	1,99	0,77	6,8	25,8
	Nd	Ni	Rb	Sr	U	V	Y	Yb	Zr
	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g	ug/g
SOQ1	35,3	130	67,7	22,8	34,5	766	51	5,07	63
SOQ6	21,1	67	158,9	347,2	18,7	733	28,7	2,6	101,9
SOQ7	26,6	173	79,3	133,4	21,9	827	21,5	2,18	111,8
SOQ8	33,5	119	88	86,8	48,7	1209	30,1	2,55	77
SOQ12	18,3	155	2	49,3	2,6	940	25,2	2,92	21
SOQ14	38,5	62	131,8	23,4	14,7	388	33	3,46	149,4
SOQ15	3,5	20	4,7	7,1	1,6	277	25	1,92	114

Une comparaison entre les éléments mineurs des amphibolites du Mont-Wright et les éléments mineurs du shale de Menihek a été faite à la figure 49. Il est possible d'observer une disparité au sein du shale du Menihek pour les éléments suivant : Ba, Ni, Rb, Sr et V. Au niveau de la comparaison, on remarque que le Ba est plus faible pour le shale de Menihek que pour les échantillons du Mont-Wright. On remarque aussi que le V est présent en quantité plus importante dans le shale du Menihek que dans les échantillons du Mont-Wright. Les plus basses valeurs du shale correspondent aux plus hautes valeurs du Mont-Wright. Donc, les profils du Mont-Wright ne permettent pas d'infirmer ou de confirmer que le protolithe des amphibolites est le shale du Menihek.



Figure 49 Comparaison entre les éléments mineurs des amphibolites de type I (vert) et de type II (rouge) avec les analyses du shale de Menihek (mauve).

Pour les protolithes ignés, une comparaison avec des données de diverses unités ignées de la fosse du Labrador (Tableau 22) comme les basaltes tholéitiques d'Hellancourt et les dykes du Montagnais ($1883,8 \pm 1,6$ Ma) (Skulski et al, 1993) sont présentés en figure 50.

Tableau 22 Résumé des résultats d'analyses chimiques (en % poids) de roches ignées de la fosse du Labrador (Tiré de Skulski et al, 1993) comprenant des basaltes aphyriques et glomérporphyriques de la formation de Hellancourt, des dykes de diabase et des basaltes Baby.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
1159A-86	47,5	16,1	1,12	11,4436	7,89	0,16	2,54	0,12
1156B-86	49,7	14,3	1,27	13,725	6,47	0,18	2,61	0,09
1160B-86	49,1	13,8	1,19	13,725	7,08	0,2	1,88	0,08
1165-86	49,1	15,1	1,28	13,594	0,18	11,5	0,16	1,81
Sy-10-573	48,5	14,7	1,39	13,453	5,53	0,17	1,54	0,11
1265-86	51,5	14	1,58	13,594	5,18	0,18	2,15	0,12
1271C-86	48,6	15,2	1,47	13,594	6,54	0,17	2,74	0,13
4049B-86	50,7	13,7	1,53	14,501	5,51	0,19	1,59	0,13
387-2-262	48,9	13,8	1,47	15,418	6,84	0,2	0,69	0,1
387-7-379	45,6	15,3	1,11	13,563	10,3	0,17	2,04	0,07
387-8-397	50,7	14,6	1,22	13,594	7,61	0,19	2,29	0,09

La figure 50 démontre les différences entre les diabases et les basaltes de la Fosse du Labrador et les deux types d'amphibolites du Mont-Wright. En effet, il est possible de remarquer que les dykes de la Fosse du Labrador sont moins riches en P₂O₅, mais plus riches en TiO₂ que les amphibolites de type I. Le patron présente des similitudes aux roches de la fosse du Labrador, ce qui laisse présager une origine commune.

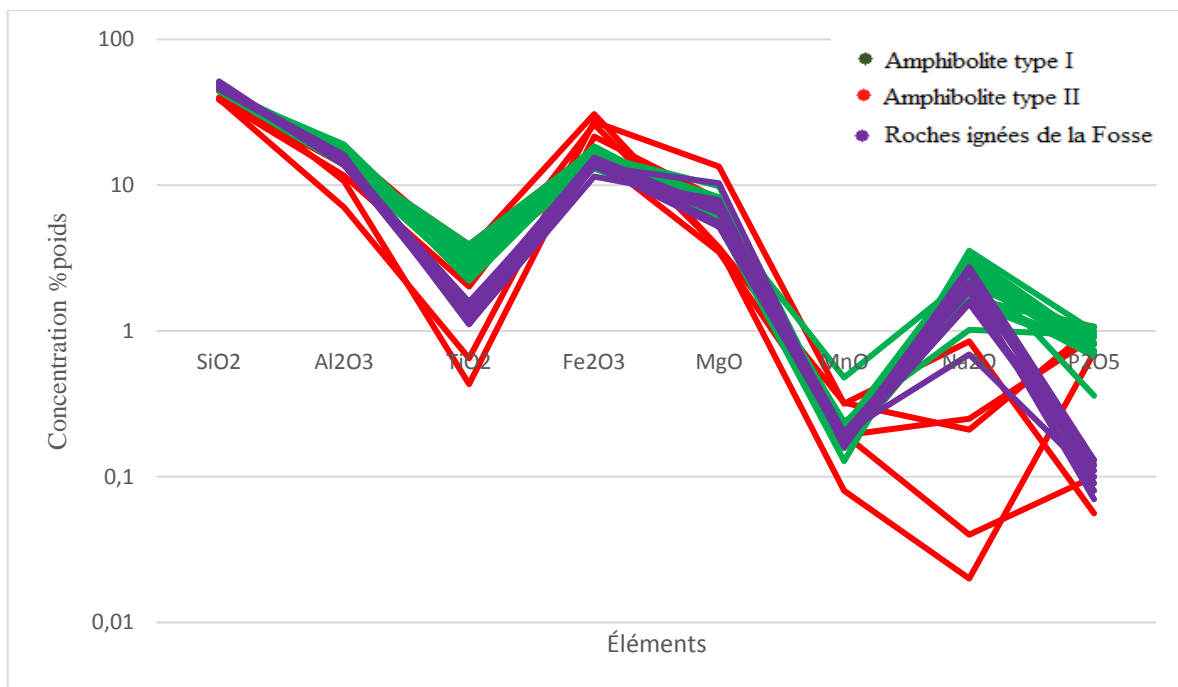


Figure 50 Diagramme multiélément comparant les teneurs des amphibolites du Mont-Wright du type I (vert), celles du type II (rouge) et ceux de la Fosse du Labrador (mauve).

Puisque les corrélations semblent plus favorables à un protolithe igné à tendance alcaline, des diagrammes de classification seront utilisés. Il est présumé que ces amphibolites ont pu être des magmas (liquides) et ils seront traités comme des basaltes. Considérant leur nature métamorphique et l'absence d'évidence de cumulât, cette présomption semble raisonnable. La figure 51 représente les valeurs des amphibolites du Mont-Wright dans le diagramme de classification établi selon Winchester et Floyd, 1977. Les échantillons du type I et du type II se retrouvent dans la section des basaltes subalcalins. Il est donc plausible que les deux types d'amphibolites proviennent d'une seule origine ayant évolué de manière différente ou ayant subi une altération.

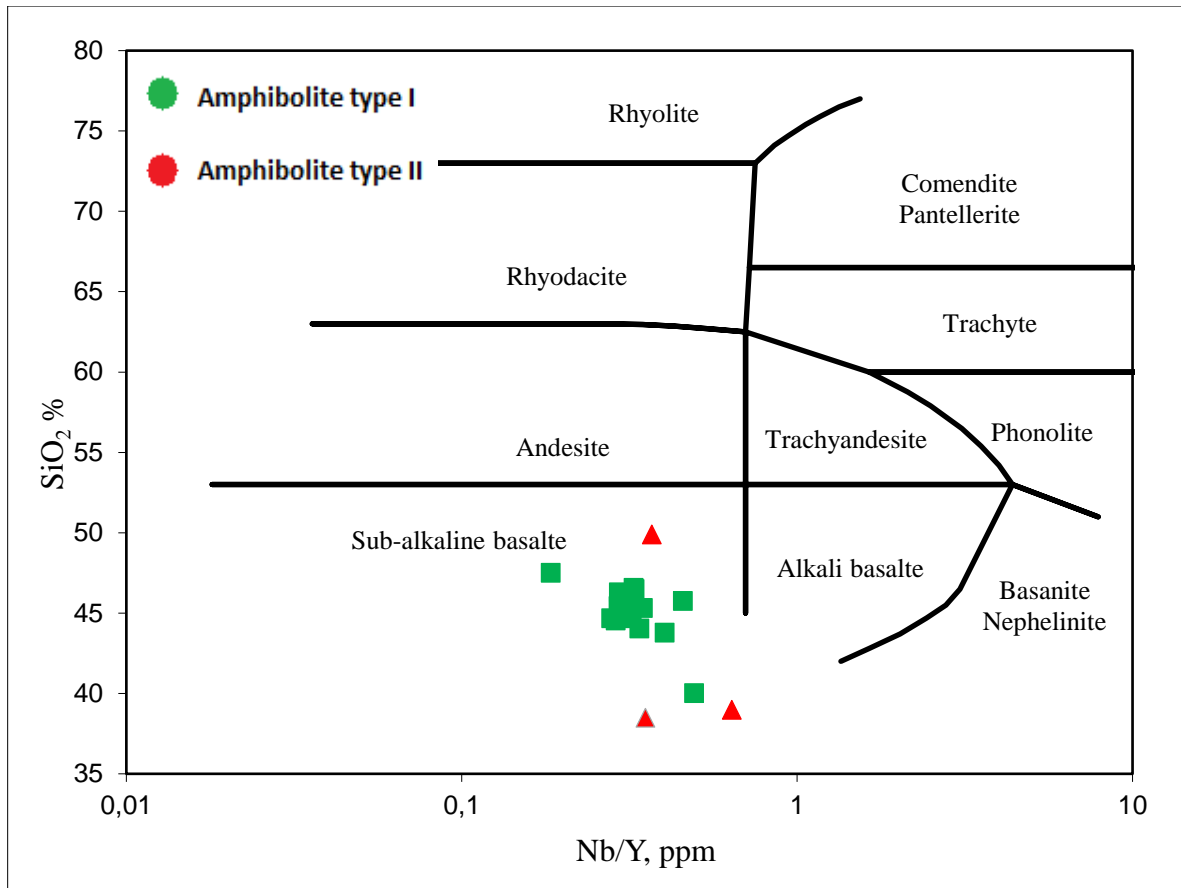


Figure 51 Diagramme de classification des roches ignées (Modifié de Winchester and Floyd, 1977). La majorité des amphibolites du Mont-Wright se situe dans les basaltes.

La figure 52 démontre la limite entre les basaltes alcalins et les basaltes tholéitiques (Floyd et Winchester 1975). Tous les échantillons du type I se retrouvent dans les basaltes alcalins alors que deux des trois échantillons du type II se retrouvent dans les basaltes tholéitiques. Donc, il pourrait y avoir deux protolithes ignés différents variant soit dans l'espace ou le temps.

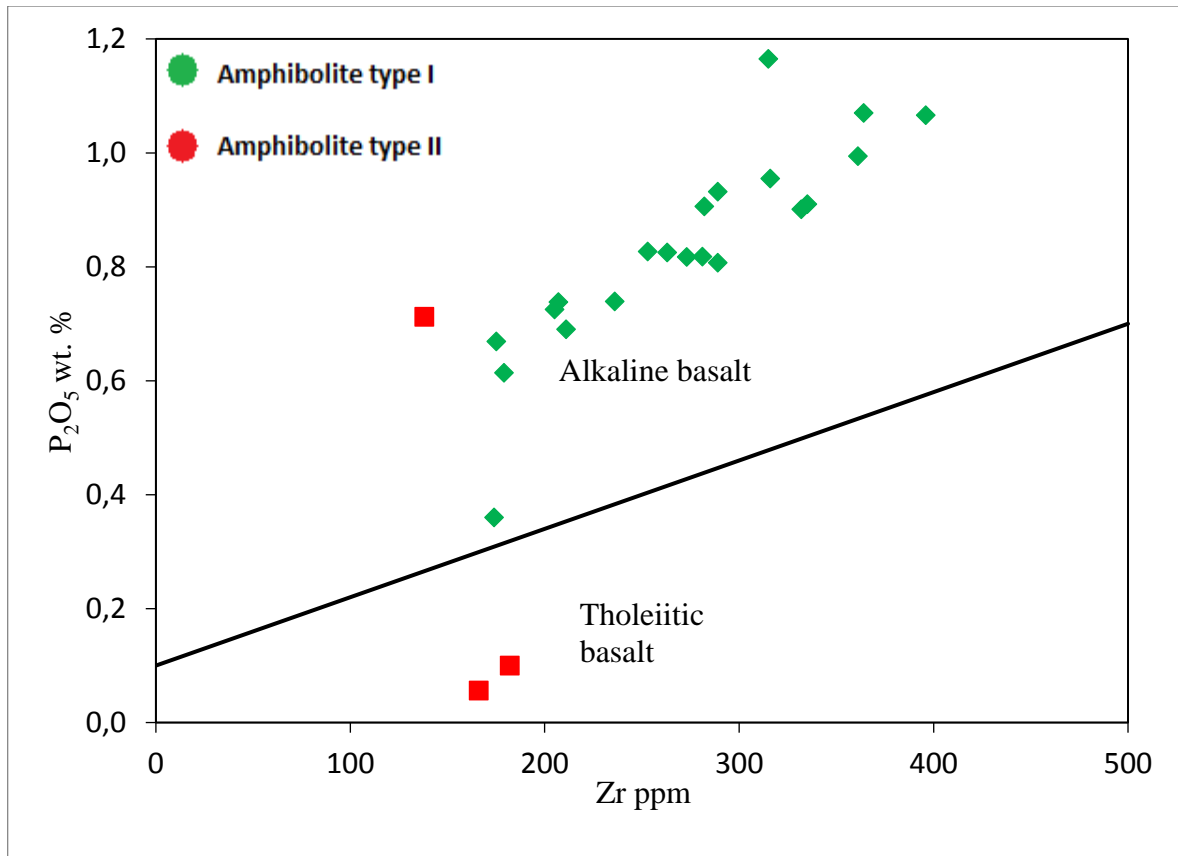


Figure 52 Graphique du Zr en fonction de P_2O_5 qui démontre les affinités alcalines ou tholéitiques des amphibolites de type I et II. Modifié de Floyd et Winchester (1975).

Afin de bien établir la nature du protolithe des amphibolites, le diagramme tiré d'Ewart (1982) (Figure 53) suggère que les amphibolites sont d'origine basaltique à tendance alcaline à calco-alcaline. Toutefois, il a été exprimé précédemment que le potassium peut être un élément mobile en conditions métamorphiques, réduisant la portée de ce résultat.

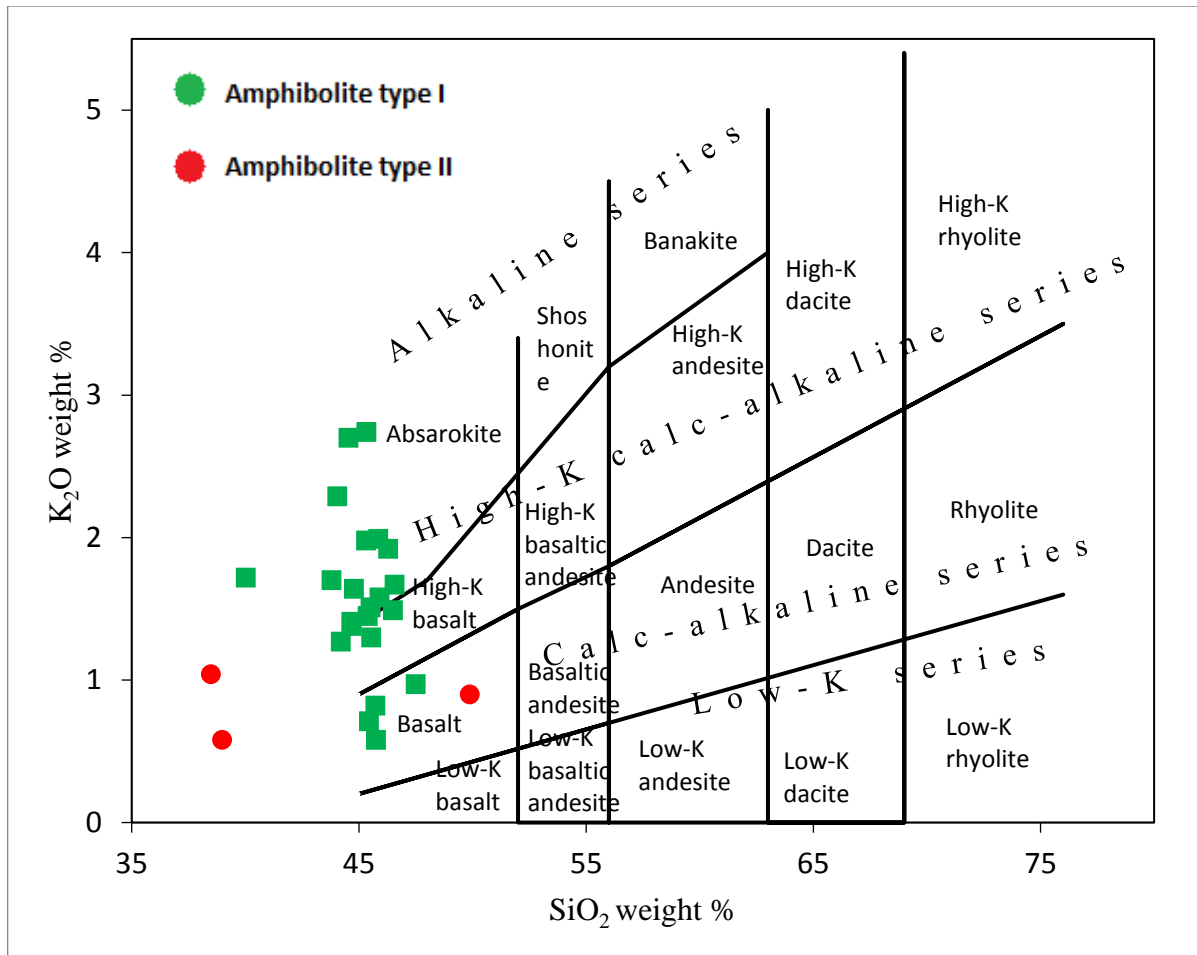


Figure 53 Graphique du SiO₂ en fonction du K₂O modifiée d'Ewart (1982) représentant les affinités des amphibolites.

Deux hypothèses avaient été amenées pour la nature des amphibolites. Le premier était que la différence marquée entre deux types de roche pourrait suggérer qu'il y a deux protolithes, soit un igné et un sédimentaire, dont les roches auraient réagi sensiblement de la même façon au métamorphisme. Un cas similaire chinois a été répertorié (Sun et al, 2013) qui a démontré qu'il existe un schiste à hornblende d'origine sédimentaire qui était à la base un shale et une amphibolite d'origine ignée interprétée comme un gabbro. Cependant, aucune évidence ne permet d'établir hors de tout doute qu'il pourrait s'agir du même phénomène. La deuxième hypothèse suggère que les deux amphibolites soient des roches de même nature,

soit sédimentaires ou ignées, mais que par des conditions locales différentes, certaines amphibolites soient fractionnées ou ont été altérée pour produire le type II. Cette option est celle privilégiée car le comportement des éléments compatibles reste très semblable pour les deux types d'amphibolites et les profils correspondent davantage à un protolithe d'origine igné. Les amphibolites plus altérées pourraient amener une distorsion dans les résultats à cause du métamorphisme ou d'un possible métasomatisme qui modifie la géochimie des roches. En effet, d'après Winter (2010), le métamorphisme et la circulation de fluides peuvent transporter des éléments chimiques sur des distances considérables. Le fluide peut donc permettre un échange entre l'encaissant et l'intrusif.

Afin de démontrer si les amphibolites de type I et II sont issues de la même suite magmatique, des diagrammes binaires tels que proposés par Jan (1988) ont été produits (Figure 54). L'analyse de ces diagrammes permet d'argumenter qu'il y a une évolution magmatique pour le type I, mais que le type II ne fait pas partie de cette tendance évolutive. Cette disparité pourrait s'expliquer soit par le fait que le type II a subi le passage de fluide qui a modifié sa composition chimique.

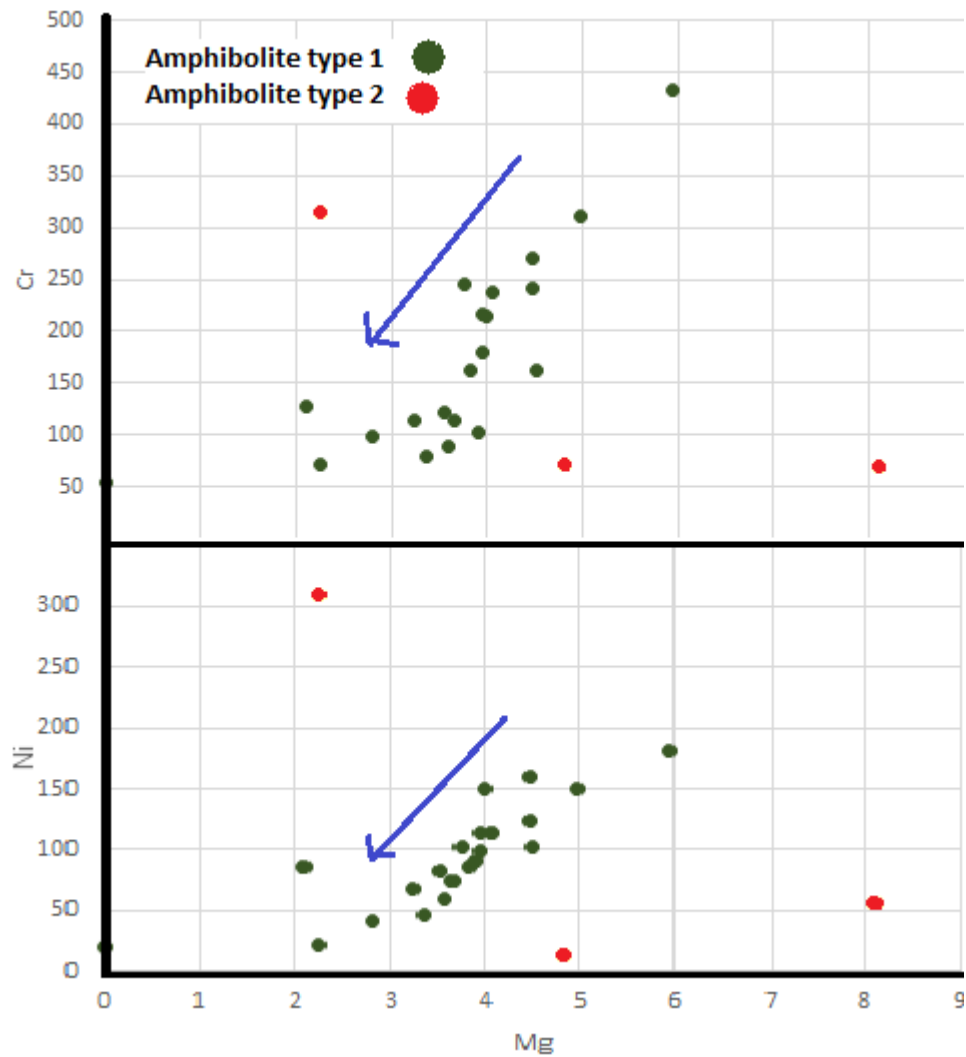


Figure 54 Diagramme binaire du Ni et du Cr en fonction du Mg (indicateur de différenciation). La flèche bleue indique l'évolution magmatique.

En résumé, les amphibolites seraient de nature ignée d'affinité alcaline dans laquelle certains dykes (type II) auraient subi une altération préférentielle modifiant sa chimie pour les éléments mobiles.

5.3 Évidence de contamination

5.3.1 Source de contamination dans la formation de fer

5.3.1.1 Le titane

La section suivante a pour but d'apporter des hypothèses sur l'origine de la contamination qui a été observée en descriptions pétrographiques et démontrée par certaines des mesures géochimiques. En effet, il avait déjà été démontré que minéralogiquement, il est possible de voir des minéraux amenant une contamination dans les formations de fer en titane avec des exsolutions ilménite-hématite et la présence de rutile. Les analyses en éléments majeurs ont aussi permis d'observer que la teneur en TiO_2 est faible ($\leq 0,01$ % poids) dans tous les échantillons sauf le 8e et le 13d qui s'explique par une proportion plus importante d'exsolutions ilménite-hématite ainsi que la présence des grains de rutile.

Des cartes géochimiques ont été produites à l'aide du micro-XRF pour mettre en évidence une éventuelle contamination dans la zone immédiate du contact amphibolite–formation de fer et pour démontrer la présence d'un gradient de contamination ou migration. La lame 8c (et 8d) (Figure 55) correspond à un contact net entre la formation de fer et l'amphibolite. Dans la partie gauche de la figure (amphibolite), le titane (en jaune) est très présent dans l'amphibolite (dans des grains d'ilménite) et pratiquement absent dans la formation de fer sauf près du contact avec l'amphibolite (rutile et des exsolutions ilménite/hématite). On observe la présence de titane sur environ 2 cm dans la formation de fer par rapport au contact net. Par contre, il s'agit majoritairement d'exsolution ilménite-hématite. La carte d'un contact graduel permet d'établir que la zone composée d'oxyde hybride augmente à 4 cm environ.

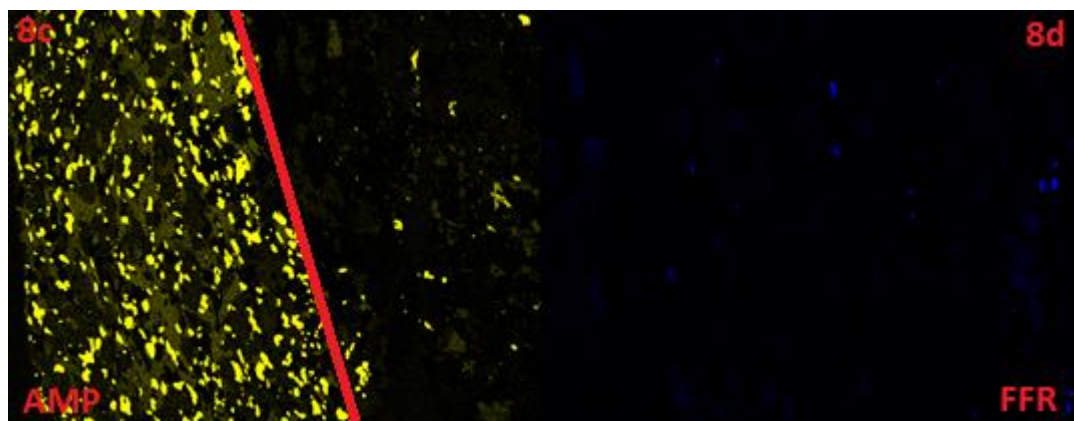


Figure 55 Cartographie géochimique du titane à travers un contact amphibolite/formation fer. La carte se compose de deux lames juxtaposées (8c et 8d). Le champ mesure 8 cm de large par 1 cm de haut. La ligne rouge indique le contact entre les deux unités (amphibolite à gauche et formation de fer à droite).

Ainsi, deux principaux éléments permettent d'expliquer la présence de titane au contact, soit la présence d'exsolutions ilménite-hématite et la présence de grains de rutil. La contamination en titane reste la plus problématique pour l'entreprise, puisqu'elle est associée à des minéraux à haute densité se retrouvant dans le produit final suite au procédé de concentration par densité. Il existe, tel que proposé dans la problématique, une contamination à proximité de l'amphibolite, mais aussi une contamination plus erratique. La source initiale est fort probablement l'amphibolite, qui contient de fortes teneurs et trois minéraux de titane : l'ilménite, (FeTiO_3), le rutil (TiO_2) et la titanite (CaTiSiO_5) et la plus grande abondance de TiO_2 près du contact tel qu'illustré par la Figure 55. Dans la formation de fer, on retrouve deux de ces trois minéraux : l'ilménite et le rutil. On retrouve le rutil à proximité d'oxydes de fer et sa très petite taille complique sa détection sans analyses chimiques ou microscopie. Aucune évidence de titanite n'a été détectée dans les formations de fer, contrairement aux deux autres minéraux.

L'hypothèse principale était que l'amphibolite constituait la source du titane et qu'il y aurait donc un gradient décroissant dans la formation de fer, du contact de l'amphibolite vers le centre de la formation de fer. Il a été démontré que la contamination dans les formations de fer est plus importante au contact des amphibolites suggérant que l'amphibolite amène une certaine contamination à son contact. Par contre, cette contamination locale n'explique pas toute la contamination.

5.3.1.1.1 Les exsolutions ilménites-hématites

Microscopiquement, il avait été démontré qu'il y avait, au contact entre l'amphibolite et la formation de fer des exsolutions ilménite-hématite. L'étude chimique des grains d'oxydes au LA-ICP-MS avait permis d'établir qu'il y a une quantité plus importante d'éléments qui contamine les oxydes de fer au contact entre les deux unités que dans le reste de la formation de fer. Elle a aussi permis de déterminer que les grains de magnétite sont plus contaminés que les grains d'hématite. Ceci s'explique par la présence d'éléments ferreux (+2) et de fer ferrique (+3) dans la magnétite ce qui permet plus de substitutions que l'hématite qui ne contient que du fer ferrique (+3) (Figure 56).

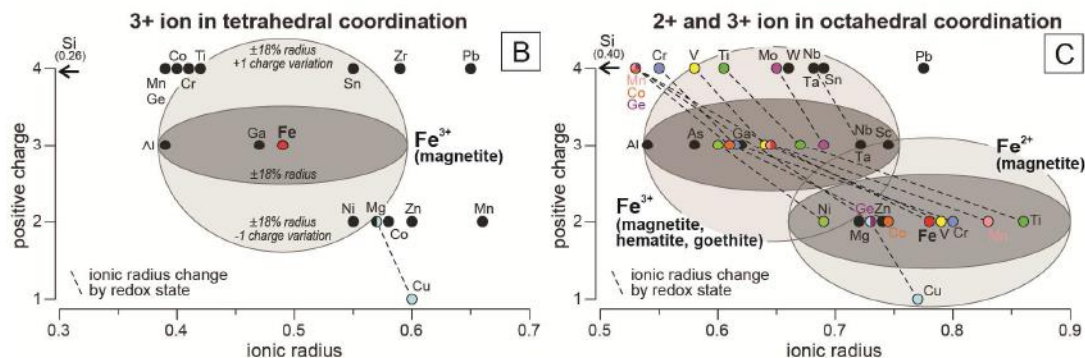


Figure 56 Substitutions dans les oxydes de fer (Tiré de Nadoll et al, 2014)

Les oxydes de fer se présentant sous deux granulométries différentes (inférieure et supérieure à 1 mm; Figure 57), les analyses ont été séparées par la taille des grains d'oxydes. Ce classement des analyses par granulométrie a pour but de tenter de distinguer des différences pouvant signifier des origines ou des cristallisations différentes. Dans le cas où deux granulométries présentent des teneurs différentes, certains oxydes pourraient contaminer davantage que d'autres.

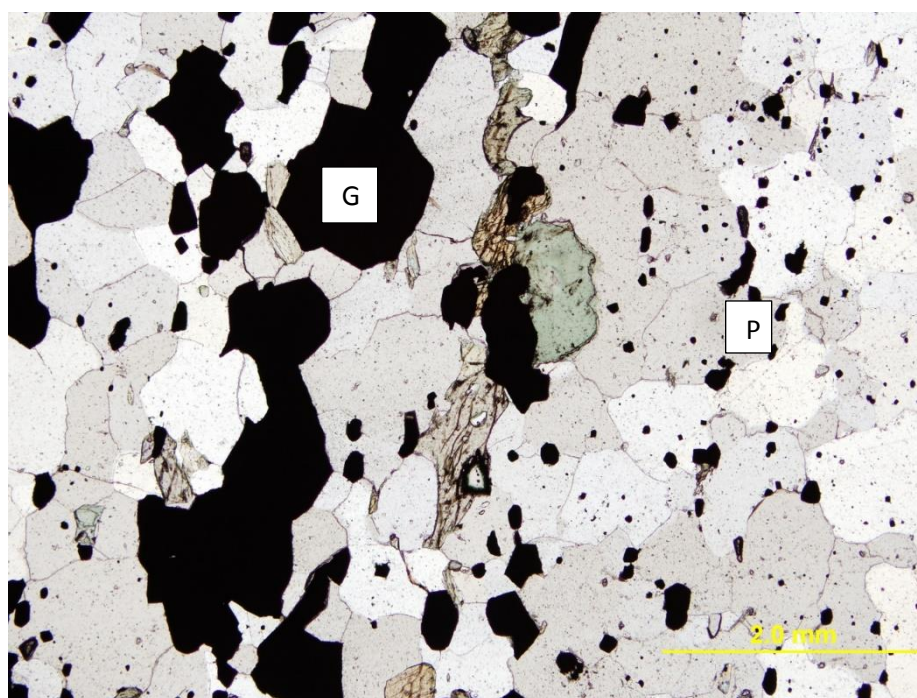


Figure 57 Photomicrographie en lumière transmise du minéral de fer montrant les oxydes de fer (opaques) avec différentes granulométries (dimension des grains : G = >1 mm; P = <1 mm).

Dans certains cas, la granulométrie peut indiquer une origine différente. Par exemple, certains grains pourraient être d'origine sédimentaire ou ignée et d'autre d'origine métamorphique. Par contre, compte tenu du faciès métamorphique élevé, il serait surprenant que les sédiments aient conservé leurs caractéristiques initiales. Dans le cas présent, les gros

oxydes correspondent majoritairement à de l'hématite alors que les petits grains correspondent à de la magnétite. Les données sont présentées à la figure 58 où une normalisation de la moyenne des petits grains (magnétite) sur la moyenne des gros grains (hématite). Les grains présentent certaines caractéristiques associées à leur granulométrie et leur nature. Par exemple, les grains ont de nettes oppositions dans leur composition en Ca, Cu, Ga et Pb. Les petits grains de magnétite y sont enrichis alors que les gros grains d'hématite y sont appauvris (Fig. 58). Il est aussi possible de remarquer que l'Al et le Ti, deux éléments problématiques dans la contamination, ne semblent pas se distribuer en fonction de la granulométrie ou de leur nature.

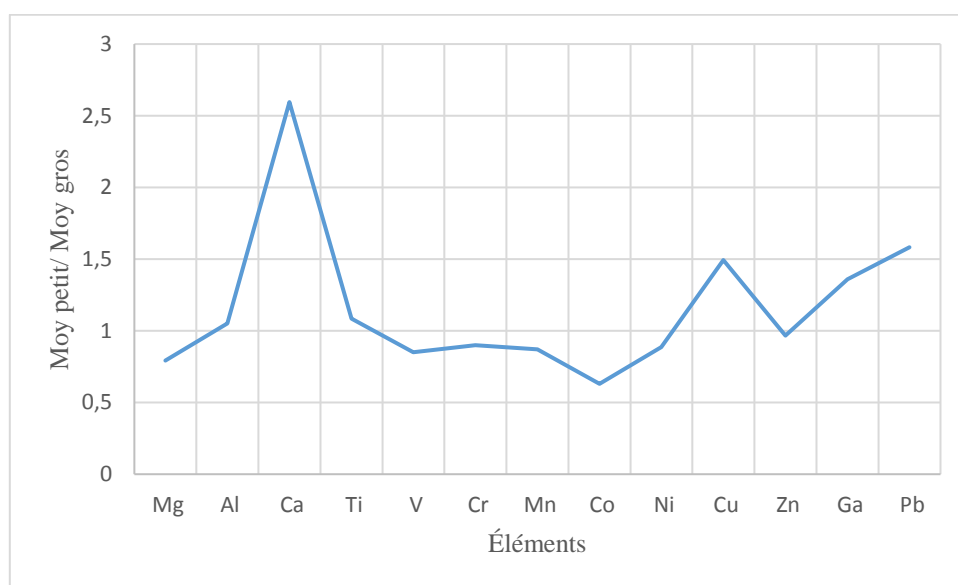


Figure 58 Normalisation entre la moyenne des petits grains (magnétite) (n=11) par la moyenne des gros grains (hématite) (n=18)

Donc, il existe possiblement deux générations d'oxydes, une qui correspond au protolithe initial et l'autre qui pourrait être d'origine métamorphique.

Une autre hypothèse concernant l'enrichissement en titane se base sur les recherches de Hébert et Gauthier (2007) qui proposent un mécanisme à faible température et faible pression dans lequel le titane s'enrichit par lessivage local du fer lors du métamorphisme. Bien que l'enrichissement par lessivage fut observé au faciès éclogite et granulite (Hébert et Gauthier 2007), les auteurs expliquent que le phénomène est également observé dans les Appalaches (Québec) à plus faible métamorphisme. Lorsque le lessivage est complet, on retrouve des grains d'oxyde de titane complètement formés. Lorsque le lessivage est partiel, on retrouve des exsolutions comme celles du Mont-Wright. Cependant, ce phénomène se produit lorsqu'il y a déjà la présence de titane. En appliquant ce modèle au Mont-Wright, de faibles concentrations en titane pourraient avoir été concentrées localement par un déplacement métamorphique du fer, laissant des grains de rutilés isolés. Cette hypothèse sera davantage étudiée à la section 5.4.2.

5.3.1.1.2 Le rutilé

Microscopiquement, le rutilé a été détecté dans de nombreux échantillons de la formation de fer, et ce, même à plus d'un mètre du contact avec une amphibolite, comme dans l'échantillon 8e. De plus, au MEB, le rutilé a été analysé dans la formation de fer (Chapitre 4, Figure 41), ce qui confirme sa présence. Le rutilé apporte une autre piste de solution à la contamination. Cependant, on ne le retrouve pas nécessairement en plus grande abondance près de chaque contact avec les amphibolites. Une des hypothèses suggérerait que le contact entre les deux unités lithologiques ait permis le passage d'un fluide. Un lessivage du fer augmentant la concentration en TiO_2 , malgré que le titane est peu mobile (Van Baalen, 1993), pourrait utiliser les contacts amphibolite-formation de fer pour circuler.

5.3.1.2 Le phosphore

La section suivante a pour but d'apporter des hypothèses sur l'origine de la contamination en phosphore. Microscopiquement, on observe un minéral contenant du phosphore, soit l'apatite. Ce minéral est observé dans les amphibolites (1 à 3%) et dans les formations de fer (0 à 2%).

5.3.1.2.1 L'apatite

Le phosphore se retrouve principalement dans les petits grains d'apatites observés au microscope. Ceux-ci sont visibles aussi bien dans l'amphibolite que dans la formation de fer. Leur présence est plutôt difficile à détecter, car les grains sont facilement confondus dans la matrice de quartz et de plagioclases. Cependant, ils sont bien visibles grâce aux cartes de la micro-XRF (Figure 59).

Une grande quantité de phosphore se trouve dans les amphibolites et une quantité moindre, mais non négligeable, est présente dans la formation de fer en quantité décroissante à partir du contact (Figure 59). La granulométrie diminue lorsque l'on s'éloigne du contact, ce qui rend l'observation macroscopique beaucoup plus difficile. Cette diminution de la granulométrie suggère une modification dans la zone immédiate de la formation de fer au contact de l'amphibolite.

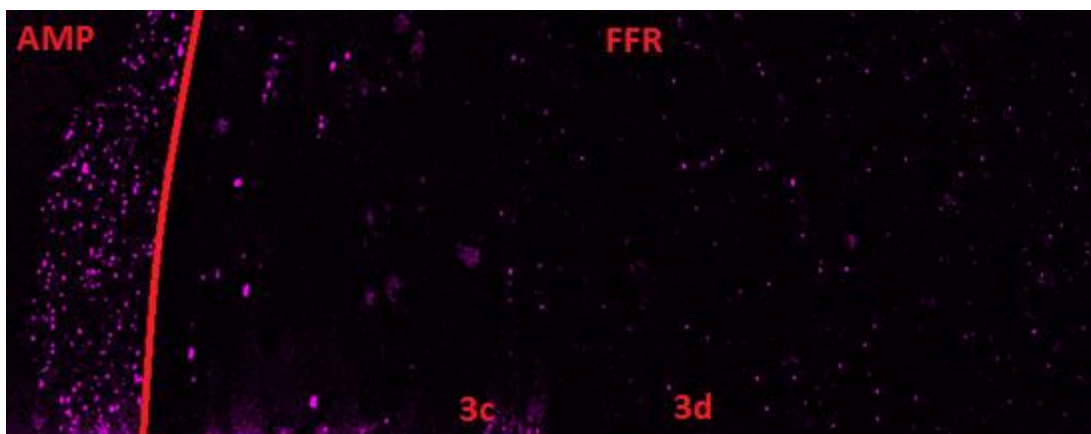


Figure 59 Cartographie géochimique du phosphore (en violet) à travers un contact amphibolite/formation fer. La carte se compose de deux lames juxtaposées (3c et 3d).

En effet, on remarque que la granulométrie est plus petite dans la formation de fer que dans l'amphibolite. Comme on en retrouve dans les deux unités et qu'un faible gradient est présent, l'origine de l'apatite ne peut être reliée spatialement à la présence de l'amphibolite. En comparant la quantité de phosphore avec la quantité de titane dans la formation de fer, il est possible de lier les deux éléments chimiques (Figure 60). Cette corrélation est en accord avec un lessivage du fer qui accroîtrait localement la teneur en ces deux éléments moins mobiles.

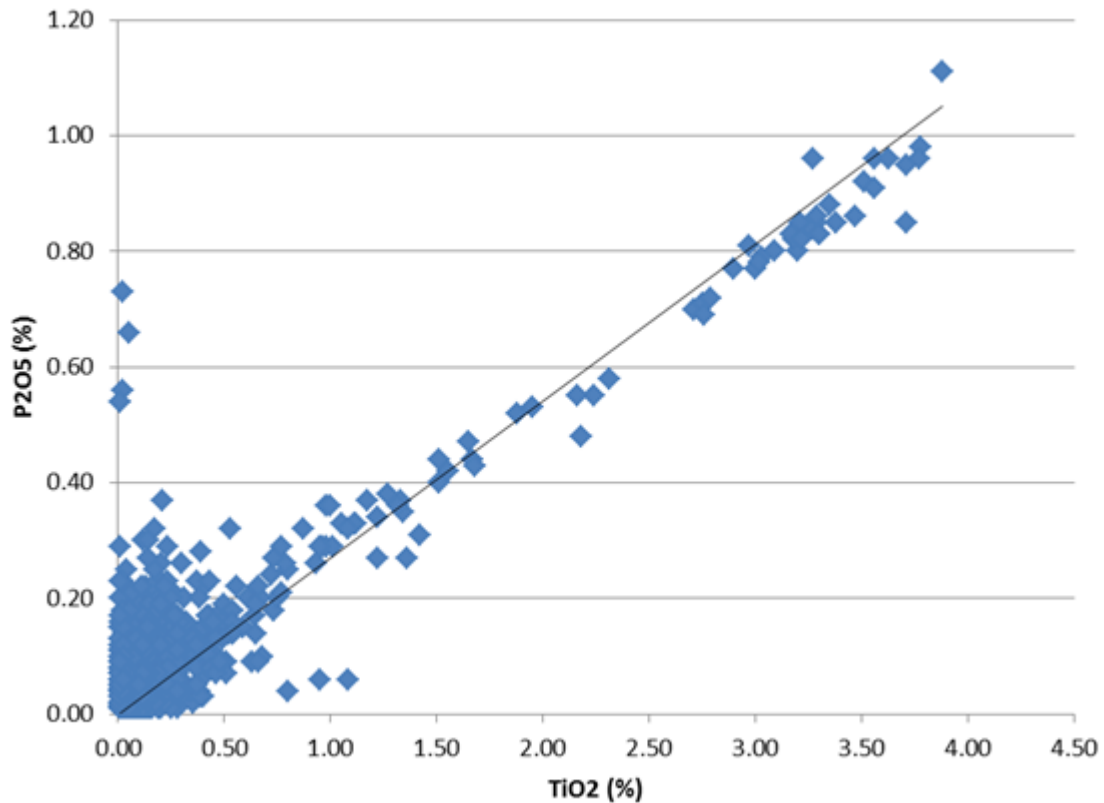


Figure 60 Diagramme présentant la teneur de TiO_2 en fonction de celle en P_2O_5 dans les formations de fer. Une corrélation linéaire est observée entre les deux éléments chimiques.

5.3.1.3 L'aluminium

L'aluminium est le deuxième contaminant en importance dans les formations de fer du Mont-Wright. Dans l'amphibolite, on en retrouve dans le grenat, mais aussi dans la biotite et dans les feldspaths. À l'échelle microscopique, il est possible de détecter de la biotite et des grenats au contact entre l'amphibolite et la formation de fer. Dans la formation de fer, la principale source d'aluminium est retrouvée dans les argiles. Cette argile est à proximité des oxydes de fer et elle est secondaire. Elle serait un témoin du passage des fluides lessivant le fer.

5.3.1.3.1 L'argile

Les analyses au MEB ont démontré la présence de minéraux riches en aluminium dans la formation de fer, soit de l'argile (Figure 61) et de la chlorite. Ces deux minéraux se retrouvent aussi dans les amphibolites. Cependant, l'apparition dans les formations de fer est ponctuelle et secondaire. La présence erratique de l'aluminium est démontrée avec le HHXRF où l'on voit très bien les anomalies en aluminium distribuées erratiquement.

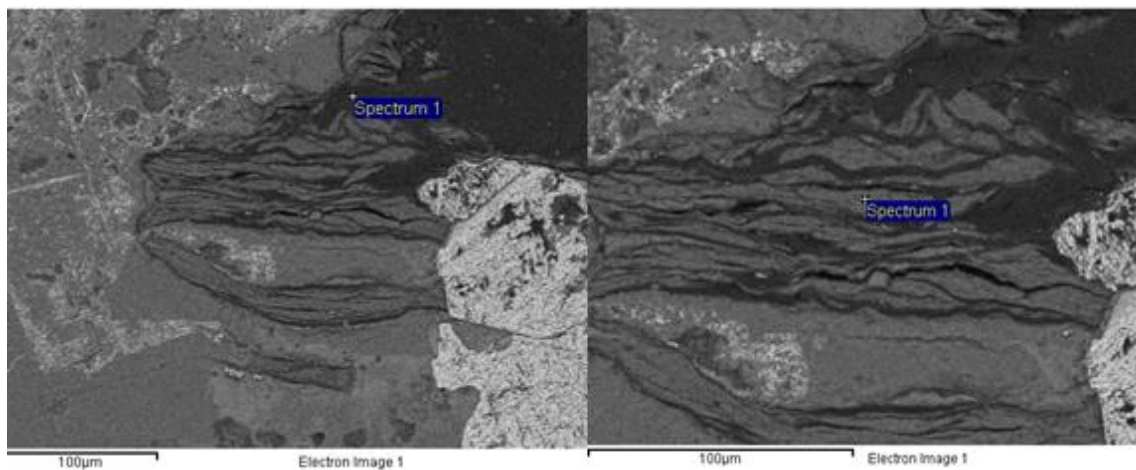


Figure 61 Image en électrons rétrodiffusés au MEB d'argiles dans les formations de fer.

Il est possible de retrouver de l'argile dans d'anciens sédiments métamorphisés et dans les roches riches en aluminium ayant subi une altération. Cependant l'argile est post-métamorphique, puisque celle-ci ne supporte pas de fortes pressions qui sont associées aux faciès amphibolite (Segonzac, 1970). La présence d'argile et de chlorite suggère le passage de fluide hydrothermal ou un métamorphisme rétrograde.

5.3.1.3.2 Les grenats

Les grenats sont présents dans plusieurs contacts entre l'amphibolite et la formation de fer. Ceux-ci résistent à l'altération et sont riches en aluminium. Le grenat ayant une densité d'environ 3,5 à 4,3 (Klein et Dutrow, 2007), il est fort possible qu'il en reste des grains dans le concentré final. Avec 10,9% d'aluminium, il faut environ 4,6% de grenat pour que le concentré soit analysé à 0,5% Al.

5.3.1.4 La dilution des amphibolites

Un dernier principe de contamination doit être considéré. Il est aussi possible que la contamination observée soit en fait le résultat de la dilution de petits dykes ou morceaux d'amphibolite dans le minerai, comme observé dans la section sur la HHXRF. En effet, lors de l'exploitation, il arrive qu'une partie de l'amphibolite et/ou des dykes soient envoyés au concentrateur. Considérant qu'il y a environ 31,6% de titane dans l'ilménite, il faut environ 1,6% d'ilménite dans le concentré pour que celui-ci présente 0,5% Ti.

À l'aide du HHXRF, des analyses sur plusieurs mètres ont été faites pour le forage 2010-124. On observe une légère décroissance des éléments chimiques (Figure 62) qui semble peu significative dépassé 1 m du contact avec le dyke d'amphibolite. L'aluminium montre également une contamination près du contact avec l'amphibolite. Cependant, les petits dykes d'amphibolite dans la formation de fer apparaissent clairement comme des contaminants rehaussant la teneur en Al et Ba; le Ce étant nettement moins marqué.

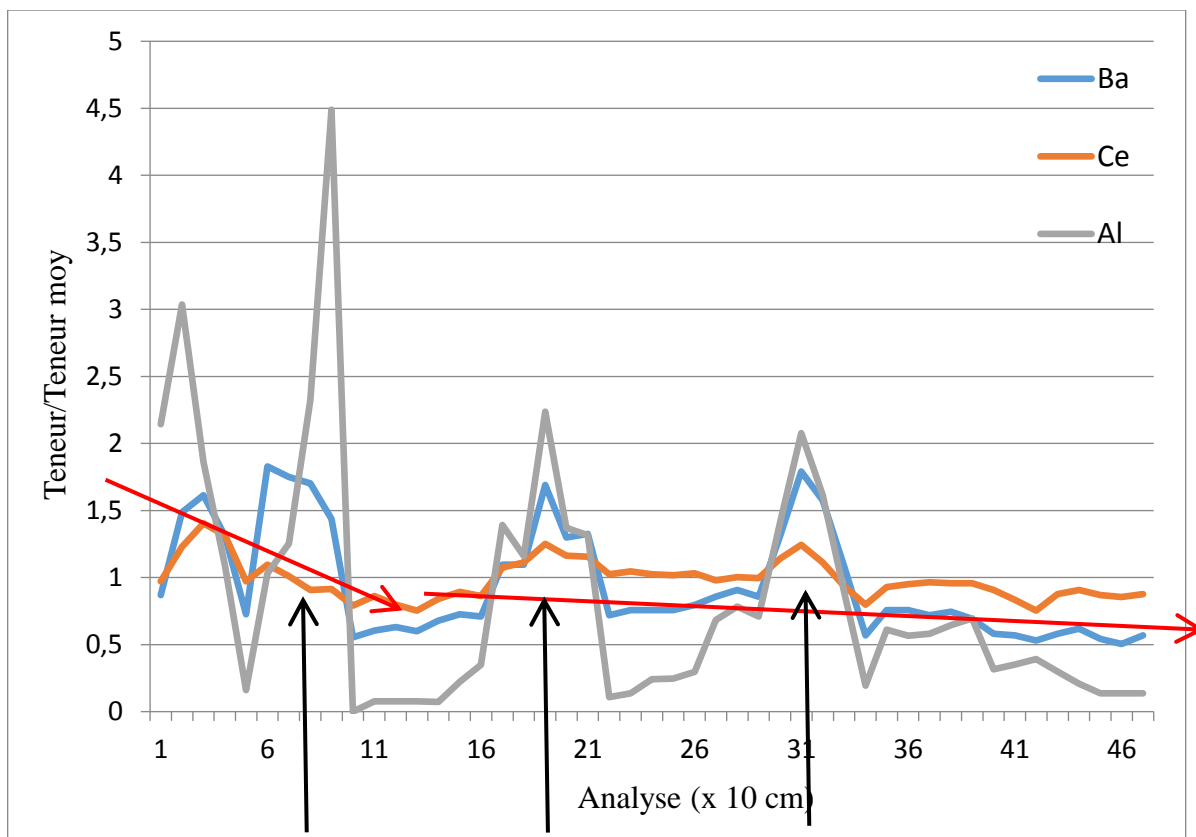


Figure 62 Concentration normalisée par la teneur moyenne en Al, Ce et Ba du forage 2010-124. Une moyenne roulante sur 3 points a été appliquée pour diminuer les variations locales (Ross et al. 2014). Les flèches verticales indiquent la présence de petits dykes d'amphibolites.

L'utilisation du HHXRF a permis de démontrer qu'il existe un gradient de contamination près des contacts avec les dykes d'amphibolite, mais aussi une contamination ponctuelle. Cette contamination ponctuelle peut être reliée à des petits dykes d'amphibolites (Figure 62) ou se produire sans changement macroscopique visible. Lors de l'exploitation de grandes épaisseurs de formation de fer, de petites bandes d'amphibolites sont possiblement incluses et envoyées au concentrateur avec le minerai de fer, ce qui augmente la teneur en titane et en aluminium.

5.3.2 Distribution de la contamination

5.3.2.1 Influence de la nature du contact

Au début, certaines hypothèses avaient proposé que la nature du contact puisse influencer la contamination. Après avoir fait des comparaisons avec les cartes au micro-XRF et au HHXRF, il est vrai que, comme son nom l'indique, un contact graduel amène une contamination dans la formation de fer sur quelques centimètres, le temps de passer d'un mélange des deux unités à une unité saine. Cependant, un contact graduel ne présente pas plus d'argile ou plus de rutil dans la formation de fer. Il y a par contre des exsolutions ilménite/hématite sur une plus grande distance. La présence d'un contact altéré amène une contamination plus importante. Elle correspond à des zones où l'on retrouve des évidences de lessivage et de circulation des fluides. Une corrélation importante tient dans le fait que les amphibolites de type II présentent des contacts altérés. Leur pourcentage de titane étant plus faible, il peut être supposé que le passage d'un fluide ait permis un lessivage plus important incluant le titane. La présence d'un contact net amène une contamination au contact très minime, avec quelques exsolutions ilménite-hématite et à courte distance. La majorité des amphibolites de type I correspond à un contact net ou graduel. Donc, les amphibolites présentant une altération faible à nulle indiquent une contamination faible au contact.

5.3.2.2 Dimension des amphibolites

Enfin, une autre hypothèse proposait que l'épaisseur de l'amphibolite ait une influence sur la contamination. En comparant, à l'aide du HHXRF, la contamination à proximité de petits dykes et à proximité de gros dykes, aucune corrélation n'a pu être établie.

En effet, les petits dykes semblent amener une contamination tout autant importante que les gros dykes. Le tableau 23 résume les analyses au HHXRF provenant d'un forage contenant un dyke épais de plusieurs mètres et d'un petit dyke de moins d'un mètre. La première analyse a été faite au contact avec une amphibolite de plus d'un mètre alors que la deuxième analyse a été faite au contact avec une amphibolite de 10 cm.

Tableau 23 Résumé des résultats d'analyses au HHXRF (en % poids oxyde) du forage 2010_124 à proximité avec une amphibolite épaisse (plus de 1 m) et avec une petite amphibolite (10 cm)

Analyse	Fe	Ti	Ca	K	Al	P	Mg
À proximité dyke épais	13,97	< LOD	0,77	< LOD	0,51	0,04	< LOD
À proximité d'un dyke mince	41,92	< LOD	0,37	< LOD	0,25	< LOD	< LOD

Une normalisation (Figure 63) des petits dykes par rapport aux dykes épais a été produite.

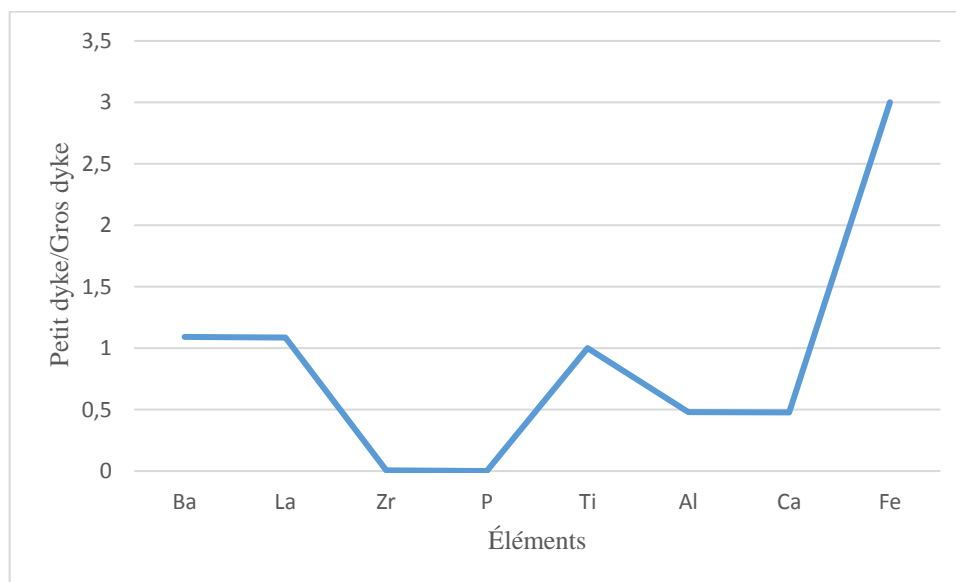


Figure 63 Normalisation de la contamination dans les formations de fer entre un petit dyke et un dyke épais.

La formation de fer à proximité du gros dyke d'amphibolite est plus riche en Zr, P, Al et Ca et plus pauvre en Fe que près des petits dykes. Cependant, les deux formations de fer présentent une contamination en Al et en Ca. Donc, il n'est pas possible d'établir une corrélation entre la dimension des amphibolites et leur apport à la formation de fer.

5.4 Modèles étudiés

Les éléments et les phénomènes décrits dans les chapitres précédents permettent de tester les hypothèses émises dans le cadre du projet. La première hypothèse était qu'il y avait une contamination dans une partie des formations de fer du Mont-Wright. La minéralogie et la géochimie ont permis de déterminer que la formation de fer possède, localement, des teneurs anormalement élevées en Al, Ti et P par rapport à l'ensemble du gisement. Il existe un lien spatial entre les dykes d'amphibolite et la contamination.

5.4.1 Diffusion métamorphique et déshydratation au contact

La diffusion métamorphique à courte échelle peut expliquer la contamination locale observée près des contacts. La déshydratation de roches sédimentaires suite au métamorphisme de contact peut libérer des fluides et des éléments. Il existe un exemple de gisement de fer situé dans le Montana aux États-Unis qui se nomme la formation de Biwabik. En effet, dans cette formation de fer, on retrouve des dykes et des intrusions du Complexe de Duluth. Lors de l'intrusion du complexe, les roches encaissantes ont subi un métamorphisme de contact et il y a eu formation de fluide métamorphique par déshydratation des sédiments. Les échanges chimiques entre la formation de fer et le dyke sont nettement perceptibles dans

les analyses chimiques et semblent s'expliquer par un mécanisme de diffusion (Park et al, 1999). Il est possible que les amphibolites du Mont-Wright, qui semblent avoir une origine ignée, aient produit un métamorphisme de contact et qu'un fluide ait circulé entre les contacts et produit des échanges à très petite échelle.

5.4.2 Fluide et lessivage

Comme discuté précédemment suite aux recherches de Hébert et Gauthier (2007), le lessivage pourrait expliquer l'enrichissement en contaminants dans les formations de fer. Un bilan de masse a été fait (Tableau 24). Le bilan de masse repose sur la teneur moyenne des formations de fer non contaminées du Mont-Wright (Tableau 15) duquel la silice et le fer sont lessivés comparée à la moyenne des formations de fer contaminées du Mont-Wright (Tableau 15). La somme des différences au carré (Som diff² dans le Tableau 24) est un indicateur d'ajustement du modèle. Plus cette somme est basse, meilleur est l'ajustement. Il a été supposé que le fer et la silice étaient mobiles. L'extraction du fer seul comme dans les Appalaches (Hébert et Gauthier 2007) ne permet pas d'atteindre des résultats satisfaisants. Le tableau 24 présente le résultat des bilans effectués. En supposant ces deux contraintes, il faut lessiver 62% d'un mélange de 60% SiO₂ et 40% Fe₂O₃ pour obtenir un résultat satisfaisant, c'est-à-dire présentant une géochimie presque identique aux formations de fer contaminées. Un lessivage de la silice est jugé raisonnable étant que certaines unités observées dans les forages sont lessivées au point de perdre toute consolidation. Un lessivage de 62% demeure important. Plusieurs évidences de lessivage sont visibles sur le site minier comme celui d'un des murs du Paul's Peak qui est très altéré et qui est composé d'un mélange de sable de silice nommé sur le site minier comme étant le «*baby shit*». De plus, dans de

nombreux forages, il est possible d'observer du lessivage par la présence d'une grande porosité et même de cavités (échantillon 1d, 2d, 3d, 6c, 6d, 6e, 11e). Ce bilan de masse démontre que lessivage de fer et de silice pourrait expliquer la contamination. En effet, la soustraction d'éléments majeurs de la roche a pour effet de rehausser les teneurs des autres éléments, dont les contaminants.

Tableau 24 Bilan de masse simulant le lessivage en fer et silice des formations de fer

	Moy MW Tab15	Norm	Rx soustraite	Rx- Lessivage	Modèle norm	Moy contam	Diff²
SiO₂	56,24	55,88	60	18,68	49,15	49,22	0,005
TiO₂	0,10	0,10		0,10	0,26	0,33	0,005
Al₂O₃	0,71	0,71		0,71	1,86	1,45	0,165
Fe₂O₃	42,38	42,11	40	17,31	45,54	45,74	0,039
MgO	0,37	0,37		0,37	0,97	1,74	0,597
CaO	0,41	0,41		0,41	1,07	1,78	0,501
Na₂O	0,15	0,15		0,15	0,39	0,11	0,080
K₂O	0,12	0,12		0,12	0,31	0,29	0,001
MnO	0,07	0,07		0,07	0,18	0,14	0,002
P₂O₅	0,06	0,06		0,06	0,16	0,05	0,011
Cr₂O₃	0,04	0,04		0,04	0,11	0,04	0,004
Total	100,65	100	100	38,00	100	100,89	1,409

Note : Moy MW Tab15 = formation de fer moyenne du Mont Wright provenant du Tableau 15; Norm = valeurs de la colonne précédente normalisées à 100 %; Rx soustraite = roche soustraite; Rx-Lessivage = Formation de fer lessivée; Modèle norm = valeurs de la colonne précédente normalisées à 100 %; Moy contam = Moyenne des formations de fer contaminées du Tableau 15; Diff² = Différences au carré entre la roche modèle et la formation de fer contaminé moyenne.

5.4.3 Modèle géologique proposé

En compilant les hypothèses et les observations ci-haut, un modèle géologique expliquant la contamination a été établi.

L'étape 1 consiste en la mise en place des formations de fer il y a 1,88 Ga. Puisque les amphibolites subissent les mêmes déformations que les autres unités, il est possible de déterminer que la mise en place de celles-ci sont pré- à syn-déformation et donc, que le magma basaltique des amphibolites se soit injecté dans la formation de fer lors d'une deuxième étape. La chaleur dégagée par l'intrusion amène un échange chimique entre les deux unités tel que démontré par les gradients géochimiques mis en évidence avec la HHXRF, la cartographie chimique des lames minces des contacts et les teneurs en éléments traces dans les oxydes. Cet échange chimique apporte un peu de phosphore et de titane et la formation d'exsolution ilménite-hématite près du contact entre l'amphibolite et la formation de fer et permettrait la formation de petits grains de rutilé et d'apatite. Dans une dernière étape, l'orogène grenvillienne amène des contraintes tectoniques qui forment plusieurs phases de plissement. Il en découle aussi un métamorphisme régional important au faciès amphibolite qui amène des modifications minéralogiques. Le fer et la silice pourraient avoir été mobiles à cette étape pour permettre un enrichissement relatif des contaminants tel que démontré par le calcul de bilan de masse. Les contacts entre les formations de fer et les amphibolites étant des discontinuités importantes ont favorisé l'écoulement des fluides de lessivage d'où la plus grande contamination relative près des contacts. De nombreuses évidences d'une circulation de fluide de basse température comme la présence de minéraux hydratés et la perte de consolidation des unités géologiques suggèrent une mobilité des éléments comme le fer et la silice. Finalement, comme la quantité de fluide n'a pas été

également répartie dans le gisement, certaines amphibolites ont subi des modifications chimiques et minéralogiques plus importantes, ce qui a provoqué les deux amphibolites géochimiquement différentes.

Chapitre 6 : Conclusion

La relation spatiale entre les dykes d'amphibolite dans les formations de fer et une contamination du minerai considérée comme probable par les géologues d'ArcelorMittal Canada a pu être démontrée par la pétrographie et l'interprétation de résultats d'analyses géochimique. La combinaison d'échanges chimiques par l'injection de dykes d'amphibolites dans les unités de la formation de fer et un lessivage du fer de la silice suffisent à expliquer la contamination observée. De plus, les analyses minéralogiques et géochimiques démontrent qu'il existe deux types d'amphibolites au Mont-Wright, soit le type I et le type II. Le type I est représenté par la majorité des échantillons et ils possèdent une texture gabbroïque et une teneur en titane plus élevée. Le type II englobe les amphibolites qui contiennent du graphite et une perte au feu (PAF) plus importante.

Ces travaux démontrent qu'une combinaison d'études minéralogique, pétrographique et géochimique peut être un outil important pour expliquer des problèmes géologiques et industriels. L'ajout d'outils modernes comme la fluorescence X portative (HHXRF) et la spectrométrie de masse par ablation laser (LA-ICP-MS) contribuent à réaliser des observations impensables voici quelques années.

Liste de références

- AMEC. (2012). Plan de restauration 2012. Non-publié.
- Angerer, T., Hagemann, S., et Danyushevsky, L. (2013). High-grade iron ore at Windarling, Yilgarn Craton: a product of syn-orogenic deformation, hypogene hydrothermal alteration and supergene modification in an Archean BIF-basalt lithostratigraphy. *Mineralium Deposita*. **48** : 697-728.
- Angerer, T., Hagemann S., et Danyvshevsky L. (2012). Geochemical Evolution of the Banded Iron Formation Hosted High-Grade Iron Ore system in the Koolyanobbing Greenstone Belt, Western Australia. *Economic Geology*. **107** : 599-644.
- ArcelorMittal Mines Canada. (2015). À propos, Profil. http://www.arcelormittal.com/minescanada/a_propos/profil.aspx , consulté le 10 janvier 2015.
- ArcelorMittal Mines Canada. (2013). Carte aéroporté du gisement. Non-publié.
- Bard, J.P. (1990). Microtexture des roches magmatiques et métamorphiques. 2^e édition. Édition Dunod. Paris.
- Bates, R.L., et Jackson, J.A. (1987). Glossary of Geology. 3^e. Édition American Geological Institute. Alexandria (Virginie, USA).
- Brown, N. E., Navrotsky, A., Nord, G. L., et Banerjee, S. K. (1993). Hematite-ilmenite (Fe_2O_3 - FeTiO_3) solid solutions; determinations of Fe-Ti order from magnetic properties. *American Mineralogist*. **78** : 941-951.
- Chung, A., Zhou, M-F., Gao, J-F., et Chen, W.T. (2015). In-situ LA–ICP-MS trace elemental analyses of magnetite: The late Palaeoproterozoic Sokoman Iron Formation in the Labrador Trough, Canada. *Ore Geology Reviews*. **65** : 917-928.
- Clark, T., et Wares, R. (2004). Synthèse lithotectonique et métallogénique de l’orogénèse du Nouveau-Québec. Bibliothèque nationale du Québec. Rapport du ministère des ressources naturelles, MM2004_01.
- Eckstrand, O.R., Sinclair, W.D., et Thorpe, R.I. (1995). Géologie des types de gîtes minéraux du Canada. Volume P-1 de la série Geology of North America, produite par la Geological Society of America dans le cadre du projet Decade of North American Geology (DNAG). Commission géologique du Canada, Géologie du Canada.
- Eichler, J. (1976). Origin of Precambrian banded iron-formations. Dans Wolf, K.H, *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits*. Elsevier, Amsterdam, p. 157-201.
- Ernst, W. G., et Liu, J. (1998). Experimental phase-equilibrium study of Al-and Ti-contents of calcic amphibole in MORB—a semiquantitative thermobarometer. *American Mineralogist*. **83** : 952-969.

- Ewart, A. (1982) The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range; p. 25-95 in, Thorp, R.S., ed., *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, John Wiley and Sons, New York.
- Faerber, J. (2004). *Microscope électronique à balayage. Microanalyse X par sonde électronique*. Institut de physique et de chimie des matériaux de Strasbourg. Strasbourg, France; consulté le 4 novembre 2015, 53 p.
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. 2^e édition. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume Uni.
- Floyd, P.A. et Winchester, J.A. (1975). Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. *Earth and Planetary Science Letters*. **27** : 211-218.
- Foucault, A., et Raoult, J-F. (2010). *Dictionnaire de géologie*. 7^e édition. Édition Dunod. Paris.
- Gross, A. G., et Strangway, D.W. (1961). Remanent magnetism and the origin of hard hematites in Precambrian banded iron formation. *Economic Geology*. **56** : 1345-1362.
- Gross, A.G. (1965). Origin of Precambrian iron formations. *Economic Geology*. **60** : 1063-1065.
- Hébert, E., et Gauthier, M. (2007). Unconventional rutile deposits in the Quebec Appalachians: Product of hypogene enrichment during low-grade metamorphism. *Economic Geology*. **102** : 319-326.
- Horwitz, W., Kamps, L.R., et Boyer, K.W., (1980). Quality assurance in the analysis of foods and trace constituents. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*. **63** : 1344-1354.
- Jan, M. Q. (1988). Geochemistry of amphibolites from the southern part of the Kohistan arc, N. Pakistan. *Mineralogical Magazine*. **52** : 147-159.
- Jébrak, M., et Marcoux, E. (2009). *Géologie des ressources minérales*. Ministère des ressources naturelles du Québec.
- Klein, C., et Dutrow, B. (2007). *Mineral Science*. 23^e édition. Wiley. New York, États-Unis.
- Lobato, L.M. (2013). *Brazil's Iron : Iron Quadrangle Deposits*. Présentation power point.
- Mackenzie, W.S., Donaldson, C.H., et Guildford, C. (1982). *Atlas of igneous rocks and their textures*. Longman, London, Royaume Unis.
- Murphy, D.L. (1959). Mount Wright Area. Saguenay electoral district. Québec. Département des mines, Québec, Canada. Rapport préliminaire 380.
- Nadoll, P., Angerer, T., Mauk, J. L., French, D., et Walshe, J. (2014). The chemistry of hydrothermal magnetite: a review. *Ore geology reviews*. **61**: 1-32.
- National Science Foundation. (2015). Germ reservoir database. <https://earthref.org/GERMRD/842/>, consulté le 15 novembre 2015.

- Park Y-R, Ripley E-M, Severson M, et Hauck S. (1999). Stable isotopic studies of mafic sills and proterozoic metasedimentary rocks located beneath the Duluth Complex, Minnesota. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **63** : 657–674
- Rapp, J. F., Klemme, S., Butler, I. B., et Harley, S. L. (2010). Extremely high solubility of rutile in chloride and fluoride-bearing metamorphic fluids: an experimental investigation. *Geology*. **38** : 323-326.
- Rioux, G. (2008). Contrôle stratigraphique et qualité minéralurgique des gîtes de graphite des lacs Guéret et Guinecourt, Terrane de Gagnon, Province de Grenville. Mémoire de maîtrise non-publié, Université du Québec à Montréal. Montréal, Qc. 138 p.
- Rivers, T., Martignole, I., Gower, C. F., et Davidson, A. (1989). New tectonic divisions of the Grenville Province, southeast canadian shield. *Tectonics*. **8** : 63-84.
- Roach R.A et Duffell S. 1974. Structural Analysis of the Mount Wright Map-Area, Southernmost Labrador Trough, Quebec, Canada. *Geological Society of America Bulletin*. **85** : 947-962
- Roubault, M., Fabriès, J., Touret, J., et Weisbrod, A. (1991). Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. 4^e édition. Lamarre-Poignat, Paris, France.
- Rosiere, C. A., Baars, F. J., Seoane, J. C. S., Lobato, L. M., da Silva, L. L., de Souza, S. R. C., et Mendes, G. E. (2006). Structure and iron mineralisation of the Carajás Province. *Applied Earth Science: Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy: Section B*. **115** : 126-133.
- Ross, P.-S., Bourke, A., et Fresia, B. (2014). Improving lithological discrimination in exploration drill-cores using portable X-ray fluorescence measurements: applications to the Zn-Cu Matagami mining camp, Canada. *Geochemistry: Exploration, Environnement, Analysis*. **14** : 187-196.
- Rumble, D. (2014). Hydrothermal Graphitic Carbon. *Elements*. **10** : 427-433.
- Savard D., Barnes S.J., et Rajy P.V.S. (2010). Accurate LA-ICP-MS calibration for magnetite analysis using multiple reference materials. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **74** : A914.
- Schwarz, S. H. (1998). Structural, metamorphic and tectonic studies in central Gagnon terrane, Grenville Province. Thèse de doctorat, Memorial University of Newfoundland.
- Sciences Education Resource Center of Carleton College. 2013. X-Ray Fluorescence (XRF). http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRF.html, consulté le 20 février 2015.
- Segonzac, G. D. (1970). The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: a review. *Sedimentology*. **15** : 281-346.
- Skulski, T., Wares, R. P., et Smith, A. D. (1993). Early Proterozoic (1.88-1.87 Ga) tholeiitic magmatism in the New Quebec orogen. *Canadian Journal of Earth Sciences*. **30** : 1505-1520.


- Sun, X.H., Zhu, X.Q., Tang, H.S., Zhang, Q., Luo T.Y., Han, T. (2013). Protolith reconstruction and geochemical study of the wall rocks of Anshan BIF's, Northeast China: Implication for the provenance and tectonic setting. *Journal of Geochemical Exploration*. **136** : 65-75.
- Thompson, M. (2004). The amazing Horwitz function. AMC Technical Brief 17.
- Thompson, M., et Feam, T. (1996). What exactly is fitness for purpose in analytical measurement? *The Analyst*. **121**: 275-278.
- Thompson, M., Potts, P.J., Kane, J.S., Webb, P.C., et Watson, J.S. (1998). GeoPT2. International Proficiency Test for Analytical Geochemistry Laboratories - Report on Round 2. *Geostandards Newsletter*. **22** : 127-156.
- Van Baalen, M. R. (1993). Titanium mobility in metamorphic systems: a review. *Chemical Geology*. **110** : 233-249.
- Van Gool, J.A.M., Rivers, T., Calon, T. (2008). Grenville Front zone, Gagnon terrane, southwestern Labrador: Configuration of a midcrustal foreland fold-thrust belt. *Tectonics*. **27** : 1-35.
- Wang, E-D., Xia, J-M., Fu, J-F., Jia, S-S., et Men, Y-K. (2014). Formation mechanism of Gongchangling high-grade magnetite deposit hosted in Archean BIF, Anshan-Benxi area, Northeastern China. *Ore Geology Reviews*. **57** : 308-321.
- Webb, P.C., Thompson, M., Potts, P.J., et Bédard, L.P. (2006). GeoPT 18 – an international proficiency test for analytical geochemistry laboratories – report on round 18 / Jan 2006 (Quartz Diorite, KPT-1). Unpublished report, International Association of Geoanalyst.
- Williams, G.E., et Schmidt, P.W. (2004). Paleomagnetism of the 1.88-Ga Sokoman Formation in the Schefferville–Knob Lake area, Québec, Canada, and implications for the genesis of iron oxide deposits in the central New Québec Orogen. *Precambrian Research*. **128** : 167-188.
- Winchester, J.A., et Floyd, P.A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*. **20** : 325-343.
- Winter, J. (2010). *Principles of igneous and metamorphic petrology*. 2e édition. Pearson, New York, États-Unis.
- WSP. (2016). Aménagement des bassins B+ et Nord-Ouest, Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social. Rapport produit pour ArcelorMittal Exploitation minière Canada. Pagination multiple + annexes.
- Zodrow, E.L. (1971). Relationship of olivine gabbro and amphibolite schist at Carol West, Labrador Geosyncline. *Geologische Rundschau*. **60** : 1264-1284.


Annexes


Annexe 1 : Descriptions macroscopiques et microscopiques	p. 149
Annexe 2 : Analyse structurale	p. 277


ANNEXE I
DESCRIPTIONS PÉTROGRAPHIQUES
(Mégascopique et microscopique)


CONTACT 1

Description macroscopique Contact 1, Échantillon 1, Trou 2012_23, Profondeur 263m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Avec une foliation à 65 degrés, quelques microplis Très légèrement magnétique Aucune réaction au HCl Pas beaucoup de fracture Granulométrie fine	Amphibolite saine	
Magnétite	< 1	< 1	Automorphe	Dessin 		
Ilménite	< 1	< 1	Automorphe			
Grenats	5	2	Automorphe			
Hornblende	35	3	Automorphe			
Biotite	20	2	Automorphe			
Plagioclases	30	2	Xénomorphe			
Quartz	8	2	Xénomorphe			


Description macroscopique Contact 1, Échantillon 2, Trou 2012_23, Profondeur 263m, Localisation : BLA							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié avec quelques microplis Léger magnétisme Aucune réaction au HCl Foliation à 65 degrés Granulométrie fine Présence d'argile et chlorite dans les fractures	Amphibolite altéré		
Magnétite	1	< 1	Automorphe	Dessin 			
Ilménite	1	< 1	Automorphe				
Grenats	5	1	Automorphe				
Plagioclases	30	1-3	Sub-automorphe				
Biotite	15	2	Automorphe				
Hornblende	40	2	Automorphe				
Quartz	7	2	Xénomorphe				
Argilite et chlorite	1	<< 1	Xénomorphe				


Description macroscopique Contact 1, Échantillon 3, Trou 2012_23, Profondeur 263m, Localisation : BLA							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Contact complètement broyé Très rouge Légèrement magnétique Aucune réaction au HCl Granulométrie moyenne Aucune foliation visible	Contact AMP/IF Argilite		
Magnétite	1	< 1	Automorphe	Dessin 			
Fer oxydé (goethite)	40	1-2	Xénomorphe				
Quartz	30	2	Xénomorphe				
Biotite	29	1	Automorphe				


Description macroscopique Contact 1, Échantillon 4, Trou 2012_23, Profondeur 263m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille	Autres	Formation de fer à hématite Granulométrie fine Foliation faiblement visible à environ 50 degrés, fer disséminé dans le quartzite Pourcentage de fer : environ 30% Magnétisme moyen Présence de géode (altération par lessivage) Présence de fractures Dureté importante Présence d'un placage de sulfure Peu d'argile dans les fractures	IF altéré	Quantité de magnétite variable sur une courte distance (de 1 à 5%)
Magnétite	2	< 1	Automorphe			
Hématite	30	1	Xénomorphe			
Quartz	64	1	Xénomorphe			
Pyrite	2	< 1	Sub-automorphe			
Argile	2	<< 1	Xénormorphe			
				Dessin		
						


Description macroscopique Contact 1, Échantillon 5, Trou 2012_23, Profondeur 263m, Localisation : BLA							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille	Autres	Formation de fer à hématite et magnétite Granulométrie de la matrice fine, mais granulométrie des oxydes de fer moyen à grossier Foliation bien visible à 55 degrés Pourcentage de fer variable Magnétique Aucune réaction au HCl Dureté importante Peu de fracture Présence de géode faible (procédé par lessivage) Pas d'argilite	IF sain	Variation importante de la quantité d'oxyde de fer (passant de 15% à 25%) Teinte légèrement rosée	
Magnétite	3	< 1	Automorphe				
Hématite	20	1	Automorphe				
Plagioclases	5	1	Xénomorphe				
Quartz	70	1	Xénomorphe				
Biotite	2	< 1	Automorphe				
				Dessin			


CONTACT 2

Description macroscopique Contact 2, Échantillon 1, Trou 2011_81, Profondeur 94m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation à 70 degrés Granulométrie fine Léger magnétisme Très légère effervescence dans les fractures Fracturation importante Argilisation dans les fractures	Amphibolite saine	
Hornblende	40	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1	Automorphe			
Grenats	3	2	Automorphe			
Plagioclases	20	1	Xénomorphe			
Quartz	4	1	Xénomorphe			
Calcite	< 1	< 1	Xénomorphe			
Magnétite	2	< 1	Automorphe			
Ilménite	1	< 1	Automorphe			
Argile	< 1	< 1	Xénomorphe			


Description macroscopique Contact 2, Échantillon 2, Trou 2011_81, Profondeur 94m, Localisation : BLB							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Granulométrie fine Légèrement magnétique Foliation à 70 degrés mais moins visible Nombreuses fractures avec micas, limonite et argilisation Aucune réaction au HCl	Amphibolite altéré		
Hornblende	45	1	Automorphe	Dessin 			
Biotite	10	1	Automorphe				
Quartz	7	1	Xénomorphe				
Plagioclases	30	1	Xénomorphe				
Grenats	5	1-2	Automorphe				
Magnétite	< 1	< 1	Automorphe				
Ilménite	2	< 1	Automorphe				

Description macroscopique Contact 2, Échantillon 3, Trou 2011_81, Profondeur 93m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Contact en argilite/broyé Très léger magnétisme Aucune réaction au HCl Granulométrie fine à moyenne Couleur rougeâtre Aucune foliation visible	Contact AMP/IF Argilite	
Magnétite	5	1-3	Automorphe	Dessin 		
Fer oxydé (goethite)	20	1-2	Xénomorphe			
Biotite	5	1	Automorphe			
Quartz	70	1	Xénomorphe			

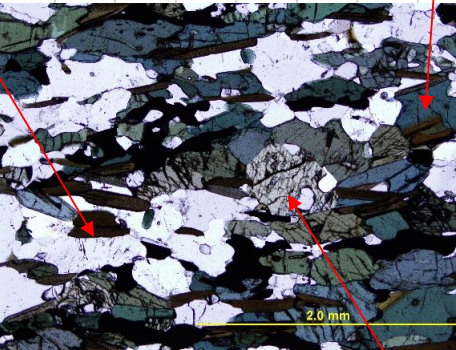
Description macroscopique Contact 2, Échantillon 4, Trou 2011_81, Profondeur 93m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Présence de géode (lessivage important)	IF altéré	Possible présence de grunérite de couleur brunâtre avec une dureté très élevé
Magnétite	5	1-3	Automorphe	Foliation à 60 degré avec des gros grains de magnétite et des plus petits d'hématite		
Hématite	20	1	Sub-automorphe	Fracturation importante de la roche		
Grunérite ?	2	1	Xénomorphe	Pourcentage de fer : environ 20-25%		
Quartz	70	1	Xénomorphe	Magnétisme moyen		
Argilite	3	<< 1	Xénomorphe	Aucune réaction au HCl		
				Dureté élevé		
				Présence d'argilite dans les fractures		
				Dessin		
						

Description macroscopique Contact 2, Échantillon 5, Trou 2011_81, Profondeur 93m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Granulométrie fine pour la matrice siliceuse et moyenne à grossière pour les oxydes de fer Foliation à 60 degrés Très magnétique Ne réagit pas au HCl Peu de fracture Peu d'altération Pourcentage de fer variable, entre 20 et 30% Dureté élevé	IF sain	Quantité variable de fer dans un court métrage
Magnétite	30	2-4	Automorphe			
Quartz	68	1	Xénomorphe			
Argile	2	<<1	Automorphe			
				Dessin		
						

CONTACT 3

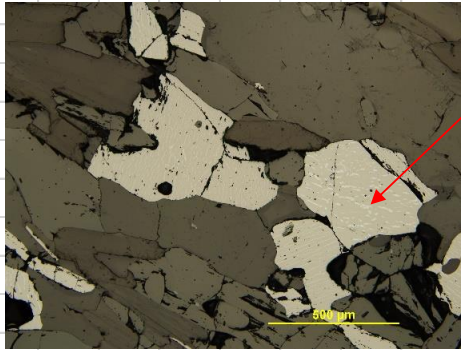
Description macroscopique Contact 3, Échantillon 1, Trou 2010_124, Profondeur 60 m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Beaucoup de minéraux verdâtres Légèrement magnétique Foliation moins visible à environ 75 degrés Dureté élevé Granulométrie fine Aucune réaction au HCl Fracture rare Aucune altération	Amphibolite saine	Teinte beaucoup plus verdâtre que d'autre échantillon Variable sur une courte distance
Hornblende	20	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	35	1	Automorphe			
Plagioclases	10	1	Xénomorphe			
Ilménite	1	< 1	Xénomorphe			
Magnétite	< 1	< 1	Xénomorphe			
Actinolite	30	1-2	Sub-automorphe			
Quartz	5	1-3	Sub-automorphe			


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1					
No. Échantillon:	3a	Secteur:	BLA	UTMY:	5846936,801
Nom:	Amphibolite	Trou	2010_124	UTMX:	613328,526

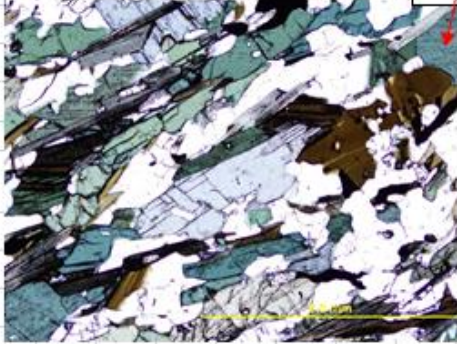
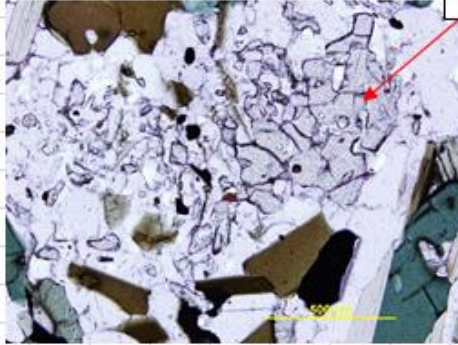
Mesures structurales (Échantillon)			Dessin (figure 1)			Hbl		
Sp:		Lé:						
S2:		Li:						
PA:		Pl						
Autre:								
Commentaires/observations								
Roche avec une foliation surtout représenté par les biotites et les hornblendes.			Bt					Grt


Minéraux	%	Description microscopique
Quartz	8	Xénomorphe, recristallisé, fortement altéré
Biotite	31	Automorphe (en baguettes allongées), suivant la foliation
Hornblende verte	35	Automorphe, faiblement altéré
Plagioclase	15	Sub-Automorphe
Ilménite	3	Sub-Automorphe à xénomorphe
Grenats	2	Automorphe, petit, bien cristallisé
Rutile	4	Sub-Automorphe à xénomorphe
Apatite	2	Automorphe très petit
Zircon	tr	Sub-Automorphe, très petit

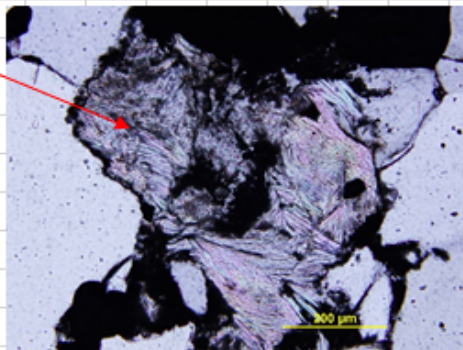
Paragénèse(s)	Roche influencée par le métamorphisme.
	Métamorphisme de faciès amphibolite.


Commentaires	Dessins
	

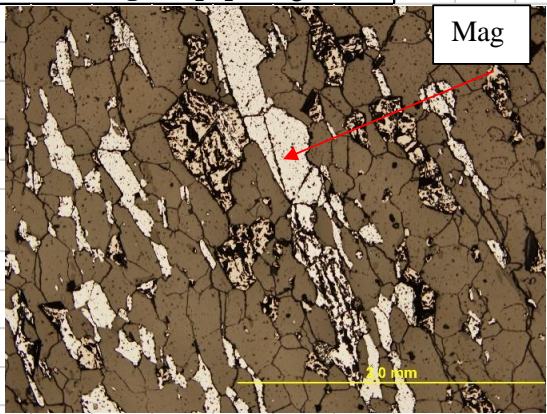
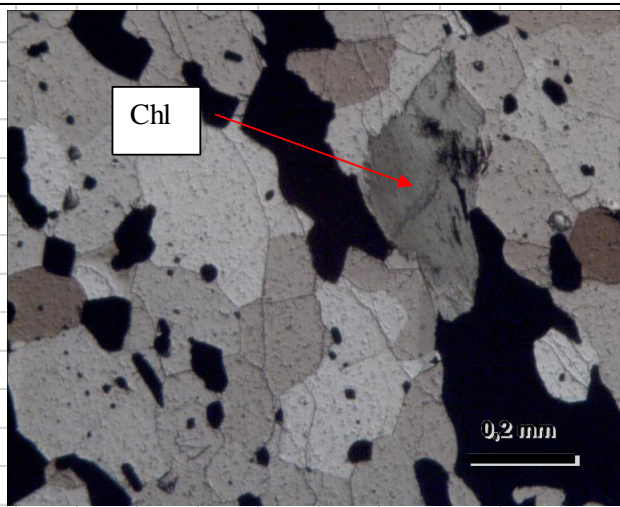
Description macroscopique Contact 3, Échantillon 2, Trou 2010_124, Profondeur 60 m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation évident à 70 degrés Très légèrement magnétique Granulométrie fine Dureté élevé Aucune réaction au HCl Peu de fracture, avec légère argilisation	Amphibolite altéré	
Hornblende	40	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	20	1	Automorphe			
Quartz	5	1	Xénomorphe			
Plagioclases	30	1	Xénomorphe			
Grenats	3	1	Automorphe			
Ilménite	2	< 1	Sub-Automorphe			


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1									
No. Échantillon:		3b		Secteur:		BLA		UTMY: 5846936,801	
Nom Roche:		Amphibolite		Trou 2010_124		UTMX: 613328,526			
Mesures structurales (Échantillon)				Dessin (figure 1)			Hbl		
Sp:		Lé:							
S2:		Li:							
PA:		Pl:							
Autre:									
Commentaires/observations									
Biotite suit la foliation, hornblende moins sensible.									
Minéraux		%		Description microscopique					
Quartz		5		Sub-automorphe, recristallisé					
Biotite		20		Automorphe en baguettes allongées					
Hornblende		35		Automorphe					
Plagioclase		31		Sub-automorphe, recristallisé					
Grenat		1		Très peu nombreux, hautement fracturé, Sub-Automorphe					
Ilménite		1		Très petits, Sub-Automorphe					
Rutile		5		Très petits, Sub-Automorphe					
Apatite		2		Automorphe					
Zircon		tr		Très petits, Sub-Automorphe					
Paragénèse(s)		Roche influencée par le métamorphisme. Faciès métamorphique: amphibolite.							
Commentaires				Dessins					
									
				Grt					

Description macroscopique Contact 3, Échantillon 3, Trou 2010_124, Profondeur 60 m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Section A : AMP Non-magnétique Ne réagit pas au HCl Granulométrie fine Dureté élevé De type tacheté	Contact AMP/IF net	Présence de chlorite et de biotite sur les premiers 2 cm du MIF
A) Hornblende	30	1	Automorphe			
Biotite	20	1	Automorphe			
Plagioclases	45	1	Sub-automorphe	Section B : MIF		
Chlorite	4	1	Xénormorphe	Magnétique		
				Ne réagit pas au HCl		
Magnétite	1	< 1	Automorphe	Granulométrie fine à moyenne		
				Dureté élevé		
B) Magnétite	15	1-2	Automorphe	Environ 15% de fer		
				Présence de lessivage avec géode rempli de chlorite		
Quartz	77	1	Xénormorphe	Dessin 		
Biotite	5	1	Automorphe			
Chlorite	3	1	Xénormorphe			


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1					
No. Échantillon:		3c	Secteur: BLA		UTMY: 5846936,801
Nom		Contact	Trou 2010_124		UTMX: 613328,526
Mesures structurales (Échantillon)			Dessin mégascopique (figure 1)		
Sp:			Lé:		
S2:			Li:		
PA:			Pl:		
Autre:					
Commentaires/observations					
<p>Présence d'une grande zone de contact constitué presque uniquement de quartz.</p> <p>Amphiboles avec des orientations différentes.</p> <p>Plagioclases altérés, on voit certaines macles.</p> <p>Groupe d'amphibole qui flotte dans le quartz: ouverture de veine? Différence de compétence? Remobilisation de la silice?</p> <p>Fluage dû aux métamorphisme.</p>					
Minéraux		%	Description microscopique		
Quartz		20	Xénomorphe, recristallisé		
Plagioclase		15	Xénomorphe, recristallisé		
Magnétite/Hématite		20	En exsolution, majoritairement de la magnétite		
Muscovite		10	Automorphe, en baguette		
Chlorite		5	Sub-Automorphe, rétro-métamorphique?		
Rutile		2	Sub-Automorphe		
Hornblende		25	Sub-Automorphe à Automorphe		
Grenats		2	Présence d'auréole de réaction		
Apatite		2	Automorphe, très petit		
Paragénèse(s)		Faciès amphibolite avec possible rétro-métamorphisme.			
Commentaires		Dessins			
FFR texture granoblastique		<div>Chl</div> 			

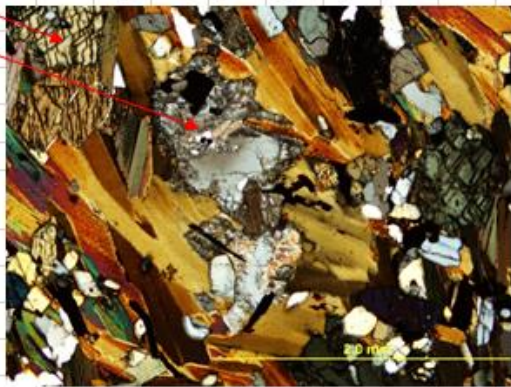
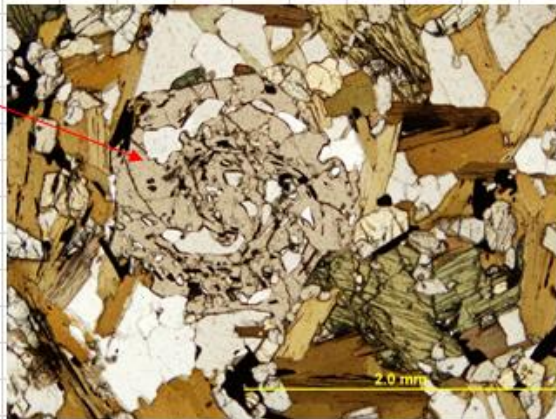
Description macroscopique Contact 3, Échantillon 4, Trou 2010_124, Profondeur 60 m, Localisation : BLB							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Magnétique Ne réagit pas au HCl Pourcentage de fer environ 25% Dureté élevé Présence d'altération de type lessivage avec des géodes remplit de chlorite Fracturation moyenne Foliation inégale à environ 60 degrés	IF altéré		
Magnétite	15	1-3	Automorphe	Dessin 			
Hématite	10	1	Sub-Automorphe				
Quartz	70	1	Xénomorphe				
Chlorite	2	1	Xénomorphe				
Biotite	3	1-2	Automorphe				


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1											
No. Échantillon:		3d		Secteur:		BLA		UTMY:		5846936,801	
Nom:		Formation de fer		Trou		2010_124		UTMX:		613328,526	
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:		Lé:									
S2:		Li:									
PA:		Pl									
Autre:											
Commentaires/observations											
Présence d'une foliation bien visible avec les oxydes.											
Présence d'exsolution entre l'hématite et la magnétite.											
Minéraux				%		Description microscopique					
Quartz				57		Xénomorphe, recristallisé					
Hématite/Magnétite				35		Parfois en exsolution, en majorité de la magnétite					
Chlorite				5		Sub-automorphe					
Rutile				1		Sub-automorphe, très petits grains					
Apatite				2		Automorphe, très petit					
Paragénèse(s)		Présence de rétro-métamorphisme.									
Commentaires						Dessins					
Présence de deux types de textures soit une texture nommée moiré et une texture dite homogène (voir dessin 1)											

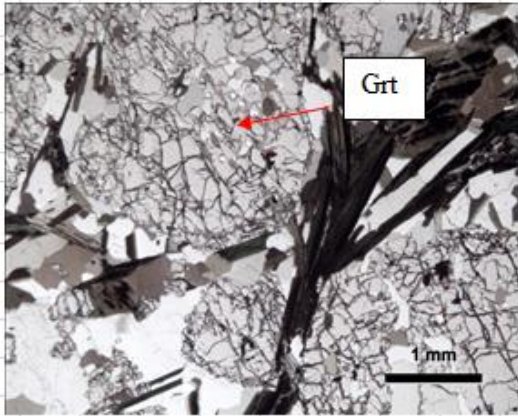
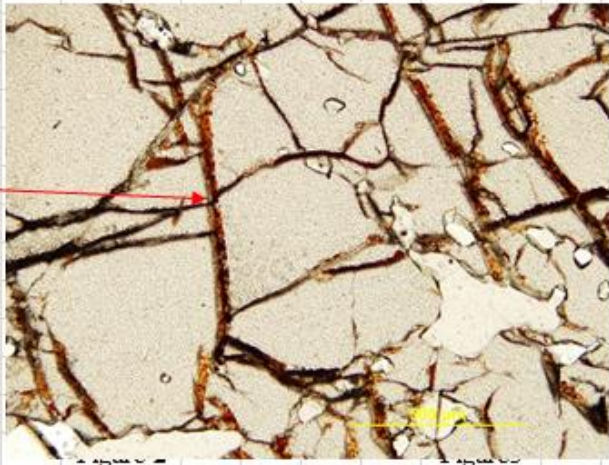
Description macroscopique Contact 3, Échantillon 5, Trou 2010_124, Profondeur 60 m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Foliation micro-plissé par endroit et foliation à 70 degrés par endroit (très variable en très peu de métrage) Magnétique Ne réagit pas au HCl Dureté élevé Granulométrie fine Fracturation moyenne Peu d'altération Présence d'une veine de quartz Trace de sulfure	IF sain	
Magnétite	18	1-3	Automorphe			
Hématite	2	1	Automorphe			
Quartz	80	1	Xénormorphe			
				Dessin 		


CONTACT 4


Description macroscopique Contact 4, Échantillon 1, Trou 2002_VN5, Profondeur 35 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille	Autres	De type folié Légèrement magnétique Aucune réaction au HCl Dureté moyenne (chloritisé par endroit) Foliation faiblement développé à environ 60 degrés Veinule de quartz Très faiblement fracturé Très peu altérée Possible graphite?	Amphibolite saine	
Hornblende	25	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1	Automorphe			
Grenats	5	1-3	Automorphe			
Plagioclases	35	1	Sub-Automorphe			
Ilménite	2	< 1	Automorphe			
Magnétite	1	< 1	Automorphe			
Pyrite	2	1	Automorphe à sub-automorphe			
Graphite?						


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1					
No. Échantillon:	4a	Secteur:	BLA	UTMY:	5846449,363
Nom:	Schiste		2002_vn5	UTMX:	612259,733
Mesures structurales (Échantillon)			OX	Dessin mégascopique (figure 1)	
Sp:		Lé:			
S2:		Li:			
PA:		Pl:			
Autre:					
Commentaires/observations					
Présence importante d'une texture de type fluage entre les muscovites et biotites et les grenats Très peu d'hornblende, beaucoup de micas					
Minéraux		%	Description microscopique		
Quartz		5	Xénomorphe		
Plagioclase		10	Sub-Automorphe		
Grenats		10	Automorphe, fortement altéré		
Muscovite		10	Automorphe, en lamelle		
Biotite		40	Automorphe, en lamelle		
Hornblende		10	Sub-Automorphe		
Clinopyroxène		2	Sub-Automorphe		
Ilménite		1	Sub-Automorphe		
Graphite		3	Automorphe		
Rutile		3	Sub-Automorphe		
Apatite		5	Automorphe, très petit		
Zircon		tr	Automorphe, très petit		
Paragénèse(s)		Faciès métamorphique Schiste vert supérieur			
Commentaires		Dessins			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Évidence de rotation dans les grenats</div> Plagioclase très altéré					

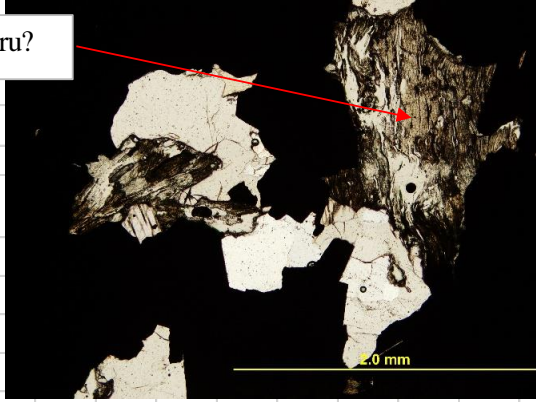
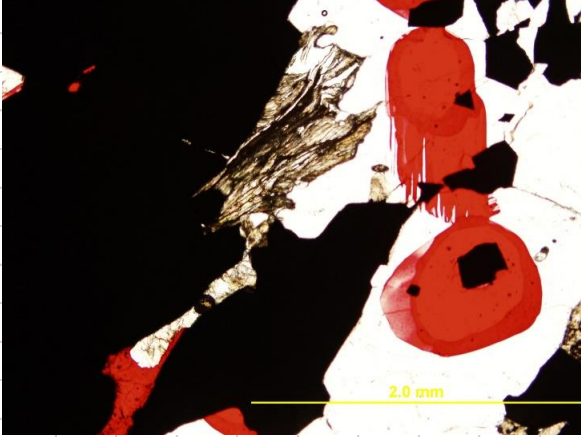
Description macroscopique Contact 4, Échantillon 2, Trou 2002_VN5, Profondeur 35 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type tacheté Dureté faible Altération très importante Fracture très importante Non-magnétique Aucune réaction au HCl Foliation non-visible Granulométrie fine, sauf pour les grenats qui sont grossiers	Amphibolite altéré	Présence très importante de grenats
Grenats	30	1-8	Automorphe			
Biotite	30	1-2	Automorphe			
Hornblende	20	1	Automorphe			
Plagioclases	15	1	Xénomorphe			
Argilite	5	<< 1	Automorphe			
Graphite?				Dessin		

Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1				
No. Échantillon:	4b	Secteur:	BLA	UTMY: 5846449,363
No. Affleurement:	Grenatite	2002_vn5	UTMX: 612259,733	
Mesures structurales (Échantillon)		Dessin mégascopique (figure 1)		
Sp:	Lé:			
S2:	Li:			
PA:	Pl:			
Autre:				
Commentaires/observations				
Aucune foliation, les minéraux ont cristallisés dans tout les sens. Recristallisation rapide car chapelet de quartz à l'intérieur des grenats. Grains de biotite contourne le porphyroblaste de grenats. Syn-tectonique car les grenats ont tournés.				
Minéraux	%	Description microscopique		
Grenats	65	Automorphe, très gros et très présent		
Quartz	10	Xénomorphe, rempli les espaces libre		
Plagioclases	15	Sub-Automorphe		
Hornblende	2	Sub-Automorphe, en baguette, cristallisant sans orientation		
Biotite	3	Sub-Automorphe		
Goethite	tr	Dans les fractures		
Rutile	3	Xénomorphe, rempli les espaces libre		
Apatite	2	Automorphe, très petit		
Zircon	tr	Automorphe, très petit		
Paragénèse(s)	Méta-sédiment alumineux?			
Commentaires		Dessins		
2 générations d'amp?				
Goethite recristallisé dans les fractures des grenats				


Description macroscopique Contact 4, Échantillon 3, Trou 2002_VN5, Profondeur 35 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De couleur rougeâtre Très broyé et très fracturé Altération très importante (hématisation) Légèrement magnétique Aucune réaction au HCl Aucune foliation de visible Granulométrie fine à moyenne Dureté moyenne	Contact AMP/IF broyé	
Hématite	25	< 1	Sub-Automorphe			
Quartz	50	1	Xénomorphe			
Argilite	5	<< 1	Automorphe			
Biotite	20	1	Automorphe			
				Dessin		
						


Description macroscopique Contact 4, Échantillon 4, Trou 2002_VN5, Profondeur 35 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	IF limite QRIF avec maximum 15% de fer	IF altéré	
Hématite	15	< 1	Automorphe	Fracturation importante		
Quartz	82	1	Xénomorphe	Altération importante		
Argilite	3	<< 1	Automorphe	Non-magnétique		
				Ne réagit pas au HCl		
				Dureté moyenne à élevé		
				Foliation non visible		
				Dessin		
						

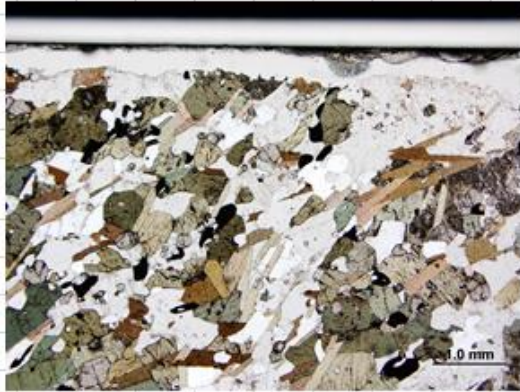
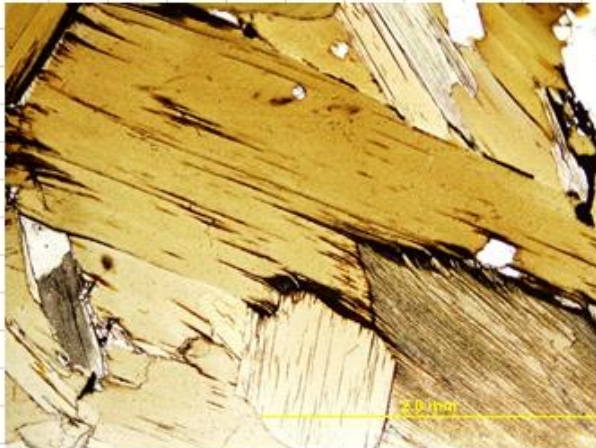
Description macroscopique Contact 4, Échantillon 5, Trou 2002_VN5, Profondeur 35 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Environ 25-30% de fer Légèrement magnétique Ne réagit pas au HCl Foliation évidente à 40 degrés Fracturation moyenne Altération de type hématisation et limonite Granulométrie fine pour la matrice et grossière pour les oxydes de fer Dureté importante	IF sain	
Hématite	28	1	Automorphe			
Magnétite	2	1	Sub-Automorphe			
Quartz	66	1	Xénomorphe			
Limonite	3	< 1	Xénomorphe			
				Dessin		
						


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1			
No. Échantillon:	4e	Secteur:	BLA
UTMY:	5846449,363	UTMX:	612259,733
Nom:	Formation de fer	2002_vn5	
Mesures structurales (Échantillon)		Dessin mégascopique (figure 1)	
Sp:	Lé:		
S2:	Li:		
PA:	Pl		
Autre:			
Commentaires/observations			
Présence de grunérite entre les oxydes de fer			
Minéraux	%	Description microscopique	
Quartz	47	Xénomorphe	
Hornblende	10	Automorphe	
Grunérite	3	Automorphe	
Hématite	35	Avec des exsolutions de magnétite	
Argile	2	Très petits, autour des oxydes	
Rutile	2	Sub-Automorphe	
Apatite	1	Automorphe, très petit	
Paragénèse(s)			
Commentaires		Dessins	
			

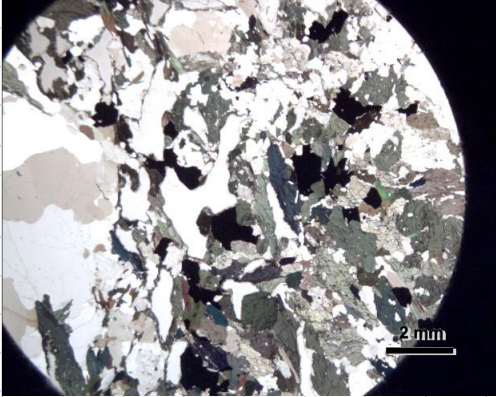
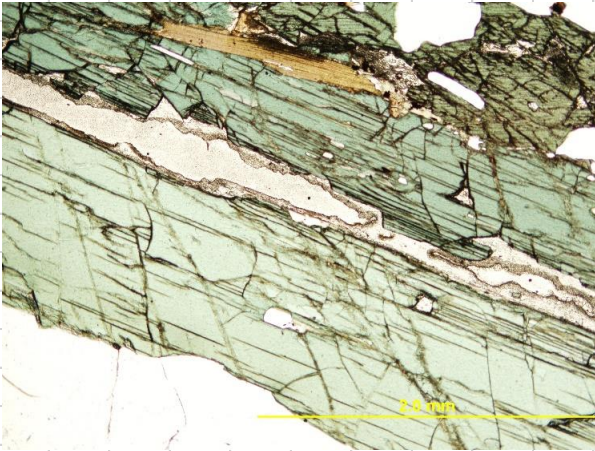
CONTACT 5


Description macroscopique Contact 5, Échantillon 1, Trou 2010_DR_P11, Profondeur 144 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Avec une foliation à environ 60 degrés Granulométrie fine, sauf pour les grenats qui sont grossiers Léger magnétisme Ne réagit pas au HCl Faible fracturation Faible altération	Amphibolite saine	
Hornblende	40	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	25	1	Automorphe			
Plagioclases	30	1	Xénomorphe			
Grenats	3	1-4	Automorphe			
Ilménite	1	< 1	Automorphe			
Magnétite	1	< 1	Sub-Automorphe			


Description macroscopique Contact 5, Échantillon 2, Trou 2010_DR_P11, Profondeur 144 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Aucune foliation visible Dureté moyenne Magnétisme léger à moyen Ne réagit pas au HCl Granulométrie fine, sauf pour les grenats qui sont très grossiers Fracture moyenne à importante Altération importante dans les fractures de type limonite et micassé	Amphibolite altéré	Présence de grenats cm très importante
Grenats	30	1-10	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1-2	Automorphe			
Hornblende	20	1	Automorphe			
Plagioclases	15	1	Sub-Automorphe			
Quartz	2	1-3	Xénomorphe			
Magnétite	1	< 1	Sub-Automorphe			
Ilménite	2	< 1	Automorphe			

Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1			
No. Échantillon:	5b	Secteur:	P1
UTMY:	5847077,3	UTMX:	613915,5
Nom:	Gabbro à hornblende	2010_dr_p11	
Mesures structurales (Échantillon)		Dessin mégascopique (figure 1)	
Sp:	Lé:		
S2:	Li:		
PA:	P1		
Autre:			
Commentaires/observations			
Présence importante d'exsolution ilménite-hématite Opaques clairement secondaire car superposé aux grenats			
Minéraux	%	Description microscopique	
Ilménite	2	Sub-Automorphe, généralement de l'ilménite/ un peu d'hématite	
Hématite	3	Sub-Automorphe, généralement de l'hématite/ un peu de magnétite	
Grenats	15	Xénomorphe	
Hornblende	30	Automorphe, en baguette	
Plagioclase	26	Sub-automorphe	
Biotite	15	Automorphe, en baguette	
Quartz	5	Xénomorphe, secondaire	
Rutile	2	Sub-Automorphe	
Apatite	2	Automorphe, très petit	
Zircon	tr	Automorphe, très petit	
Paragénèse(s)	Faciès métamorphique amphibolite		
Commentaires		Dessins	
Immense biotite			


Description macroscopique Contact 5, Échantillon 3, Trou 2010_DR_P11, Profondeur 144 m, Localisation : BLA							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	A) AMP Granulométrie fine à moyenne Foliation discrète Légèrement magnétique Ne réagit pas au HCl Dureté moyenne B) IF Granulométrie moyenne Foliation à 55 degrés Alternance de bande de fer plus large et d'autre plus mince, % de fer environ 15-20% Magnétique Ne réagit pas au HCl Dureté moyenne	Contact AMP/IF net	Pas beaucoup de fracturation ni d'altération	
A) Hornblende	40	1-3	Automorphe				
Biotite	20	1-2	Automorphe				
Ilménite	2	< 1	Sub-automorphe				
Magnétite	2	< 1	Automorphe				
Plagioclases	36	1	Xénomorphe				
B) Biotite	10	1-2	Automorphe				
Hornblende	5	1-2	Automorphe				
Quartz	65	1	Xénomorphe				
Magnétite	15	1-3	Automorphe				
Hématite	5	< 1	Sub-automorphe				
				Dessin 			


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1			
No. Échantillon:	5c	Secteur:	P1
Nom:	Amphibolite	UTMY:	5847077,3
		UTMX:	613915,5
Mesures structurales (Échantillon)		Dessin mégascopique (figure 1)	
Sp:	Lé:		
S2:	Li:		
PA:	Pl		
Autre:			
Commentaires/observations			
Plagioclases très altérés			
Minéraux	%	Description microscopique	
Quartz	44	Sub-Automorphe, recristallisé	
Plagioclases	10	Sub-automorphe	
Hornblende	30	Automorphe en baguette	
Biotite	8	Automorphe en baguette	
Grenat	2	Automorphe	
Magnétite	3	En exsolution avec de l'hématite, majoritairement de la magnétite	
Rutile	2	Xénomorphe	
Apatite	1	Automorphe, très petit	
Paragénèse(s)		Facès métamorphique: amphibolite	
Commentaires		Dessins	
Immense hornblende			


Description macroscopique Contact 5, Échantillon 4, Trou 2010_DR_P11, Profondeur 144 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche avec foliation à 55 degrés Présence de bande de fer très large et de fer disséminé, environ 25% de fer Magnétique Ne réagit pas au HCl Dureté élevé Peu de fracture, peu d'altération	IF altéré	Alternance de bande très grossière et de bandes fines
Magnétite	20	1-5	Automorphe			
Hématite	5	1	Sub-Automorphe			
Quartz	55	1	Xénomorphe			
Plagioclases	20	1-4	Xénomorphe			
				Dessin		


Description macroscopique Contact 5, Échantillon 5, Trou 2010_DR_P11, Profondeur 144 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer à magnétite Pourcentage de fer environ 20-25% Magnétique Ne réagit pas au HCl Foliation à 50 degrés Fracturation moyenne Altération de type hématisation dans les fractures seulement	IF sain	
Magnétite	23	1-5	Automorphe			
Hématite	2	1	Sub-Automorphe			
Quartz	75	1-2	Xénomorphe			
				Dessin		
						


CONTACT 6

Description macroscopique Contact 6, Échantillon 1, Trou 2010_38, Profondeur 305 m, Localisation : BLB							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation moyennement visible à environ 50 degrés Granulométrie fine à moyenne pour les grenats Léger magnétisme Pas de réaction au HCl Fracturation faible Altération faible	Amphibolite saine		
Hornblende	35	1	Automorphe				
Biotite	23	1	Automorphe				
Plagioclases	35	1	Sub-Automorphe				
Grenats	5	1-4	Automorphe				
Ilménite	2	< 1	Automorphe				
				Dessin			


Description macroscopique Contact 6, Échantillon 2, Trou 2010_38, Profondeur 306m, Localisation : BLB							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Foliation mal développé Dureté moyenne Fracturation moyenne à importante Altération de type argilisation Léger magnétisme Ne réagit pas au HCl Granulométrie fine	Amphibolite altéré		
Hornblende	40	1-3	Automorphe				
Biotite	25	1-3	Automorphe				
Plagioclases	30	1	Xénomorphe				
Ilménite	1	< 1	Automorphe				
Chlorite	4	1	Sub-automorphe	Dessin			


Description macroscopique Contact 6, Échantillon 3, Trou 2010_38, Profondeur 305m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Contact graduel d'AMP à IF Foliation difficile à voir à environ 50 degrés Fracturation et altération importante (hématisation, lessivage, limonite) Présence importante de géode formée par le lessivage Magnétique Aucune réaction au HCl	Contact AMP/IF graduel	
Magnétite	20	1-3	Automorphe	Dessin 		
Hornblende	15	1	Automorphe			
Biotite	15	1	Automorphe			
Quartz	30	1	Xénomorphe			
Plagioclases	10	1	Xénomorphe			
Chlorite	3	1	Sub-automorphe			
Argilite	2	<< 1	Xénomorphe			


Description macroscopique Contact 6, Échantillon 4, Trou 2010_38, Profondeur 305m, Localisation : BLB							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche magnétique Foliation mal développé à environ 50 degrés Aucune réaction au HCl Moyennement fracturé Fortement altéré (lessivage et hématisation) Présence de nombreuses géodes à cause du lessivage % de fer d'environ 20-25% Granulométrie fine	IF altéré		
Magnétite	20	1-4	Automorphe				
Quartz	60	1-2	Xénomorphe				
Biotite	5	1	Automorphe				
Plagioclases	15	1-2	Sub-Automorphe				
				Dessin			
							


Description macroscopique Contact 6, Échantillon 5, Trou 2010_38, Profondeur 305 m, Localisation : BLB							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Foliation mal développé à environ 50 degrés Très légèrement magnétique % de fer environ 15-20% Aucune réaction au HCl Fracturation moyenne Légère altération de type argilisation Légère présence de géode à cause d'un faible lessivage Dureté élevé	IF sain		
Hématite	18	1	Automorphe				
Quartz	79	1	Xénomorphe				
Argilite	1	<< 1	Xénomorphe				
Magnétite	2	1	Automorphe				
				Dessin			
							


CONTACT 7

Description macroscopique Contact 7, Échantillon 1, Trou 2010_40, Profondeur 745 m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation bien visible à environ 60 degrés Non-magnétique Aucune réaction au HCl Dureté élevé Granulométrie fine Fracturation faible Altération faible	Amphibolite saine	
Hornblende	50	1-2	Automorphe			
Biotite	20	1	Automorphe			
Plagioclases	25	1	Xénomorphe			
Grenats	5	1-3	Automorphe			
				Dessin		
						


Description macroscopique Contact 7, Échantillon 2, Trou 2010_40, Profondeur 745 m, Localisation : BLB							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Foliation mal développé à environ 55 degrés Non-magnétique Ne réagit pas au HCl Dureté moyenne Fracturation importante Altération moyenne (argilisation et micassé)	Amphibolite altéré		
Hornblende	45	1-2	Automorphe				
Biotite	20	1	Automorphe				
Quartz	5	1	Xénomorphe				
Plagioclases	28	1	Xénomorphe				
Ilménite	2	< 1	Automorphe				
				Dessin			

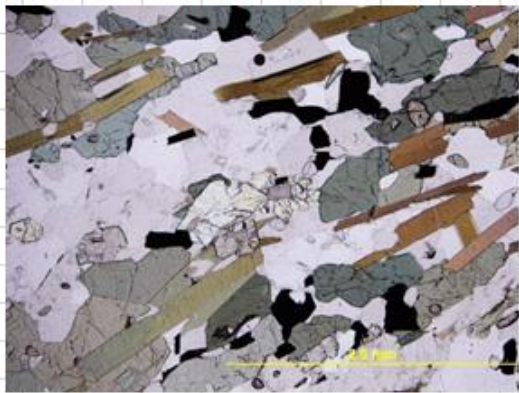
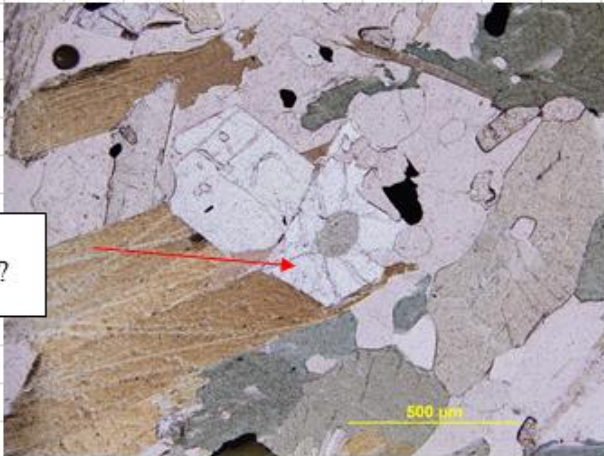
Description macroscopique Contact 7, Échantillon 3, Trou 2010_40, Profondeur 745 m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Contact argilisé Magnétique Ne réagit pas au HCl Argilisé sur 30 cm	Contact AMP/IF Argilite	
Magnétite	10	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	20	1	Automorphe			
Argilite	70	<< 1	Xénomorphe			

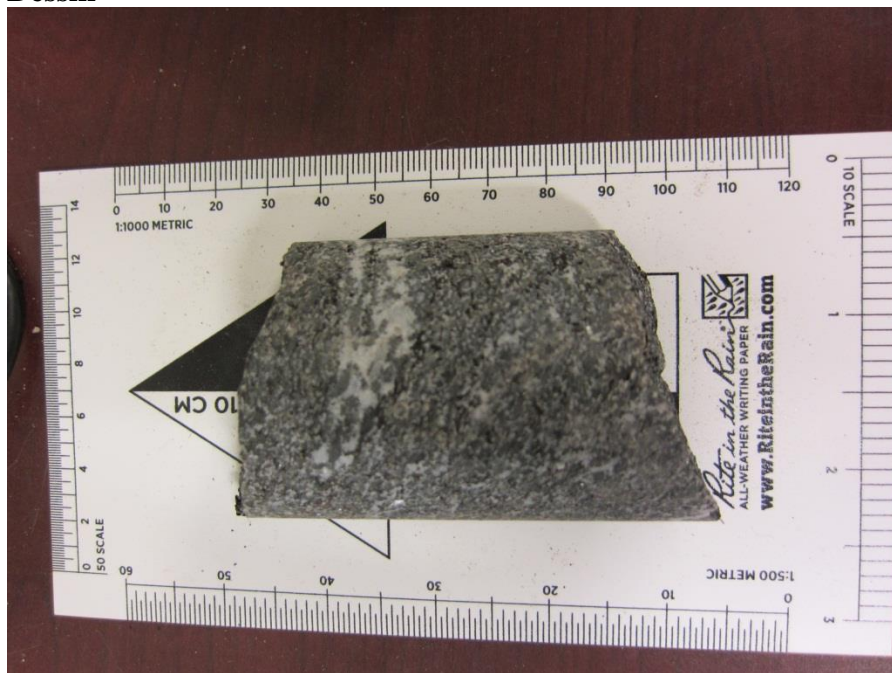
Description macroscopique Contact 7, Échantillon 4, Trou 2010_40, Profondeur 745 m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Magnétique Foliation à environ 70 degrés bien développé Ne réagit pas au HCl Dureté élevé Fracturation moyenne Altération faible 2 types de granulométrie : plus fine et plus grossière en bande	IF altéré	Présence de deux générations de magnétite, une beaucoup plus fine et l'autre beaucoup plus grossière
Magnétite	25	1-4	Automorphe			
Quartz	65	1-2	Xénomorphe			
Plagioclases	10	1-2	Xénormorphe			
				Dessin		
						

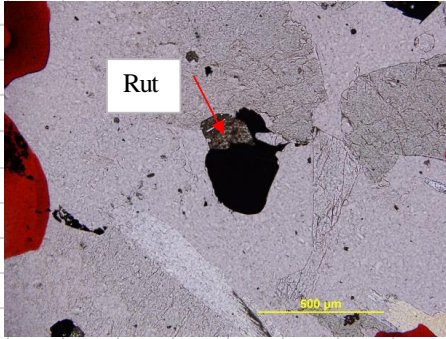
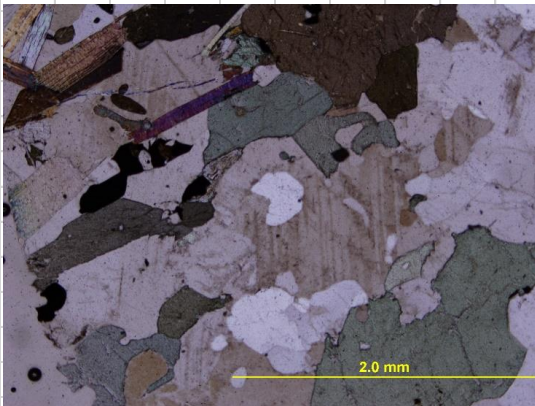
Description macroscopique Contact 7, Échantillon 5, Trou 2010_40, Profondeur 745 m, Localisation : BLB						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Magnétique Ne réagit pas au HCl Foliation moyennement bien développé à environ 80 degrés Dureté élevé Fracturation faible Altération faible	IF sain	Deux générations de magnétite, une plus grossière et l'autre beaucoup plus fine Quartz plus rosé par endroit
Magnétite	35	1-5	Automorphe			
Quartz	65	1-3	Xénomorphe			
				Dessin		
						

CONTACT 8

Description macroscopique Contact 8, Échantillon 1, Trou 2010_03F, Profondeur 288 m, Localisation : FL							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation à environ 45 degrés Non-magnétique Aucune réaction au HCl Fracturation faible Altération faible Dureté élevé	Amphibolite saine		
Hornblende	40	1-2	Automorphe	Dessin			
Biotite	20	1-2	Automorphe				
Plagioclases	39	1-3	Xénomorphe				
Pyrite	< 1	< 1	Automorphe				

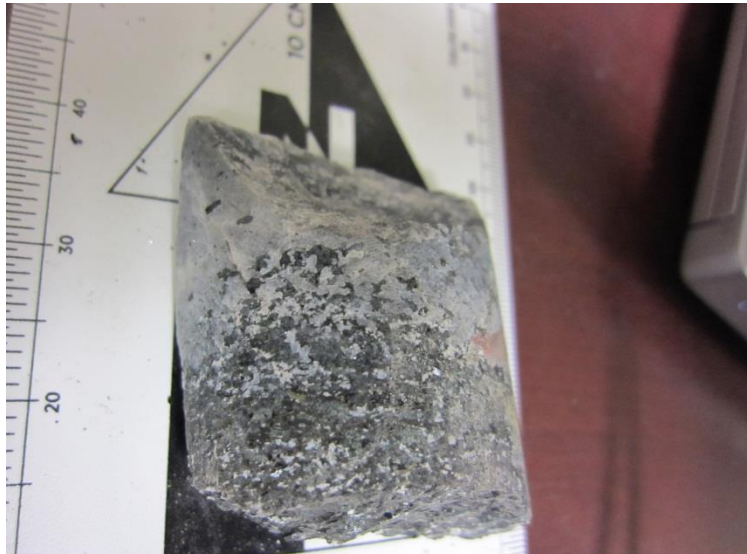
Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2											
No. Échantillon:		8a		Secteur:		Fire Lake		UTMN:		5800822,6	MTM27
Nom:		Amphibolite		2010 03F		UTME:		621195,745			
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:				Lé:							
S2:				Li:							
PA:				Pl:							
Autre:											
Commentaires/observations											
Foliation moyennement bien développé par les biotites											
Minéraux				%		Description microscopique					
Quartz				5		Recristallisé, Xénomorphe					
Plagioclase				47		Xénomorphe, très altéré, macles faiblement visible					
Biotite				10		Automorphe, en baguette					
Hornblende				30		Automorphe					
Ilménite				5		Sub-Automorphe, avec un peu d'exsolution avec hématite					
Apatite				1		Sub-Automorphe, très petit					
Rutile				2		Xénomorphe					
Zircon				tr		Automorphe, très petit					
Paragénèse(s)		faciès métamorphique amphibolite									
Commentaires						Dessins					
											
Texture corronaire?											

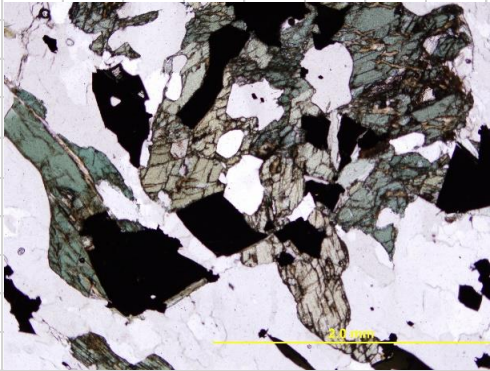
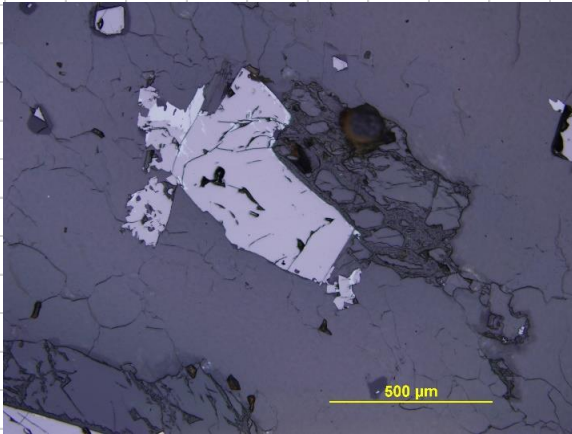
Description macroscopique Contact 8, Échantillon 2, Trou 2010_03F, Profondeur 288 m, Localisation : FL						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Avec foliation beaucoup moins évidente à environ 45 degrés Légèrement magnétique Aucune réaction au HCl Dureté moyenne Fracturation moyenne Altération faible	Amphibolite altéré	
Hornblende	35	1-3	Automorphe			
Biotite	25	1-2	Automorphe			
Quartz	15	1-2	Xénomorphe			
Plagioclases	23	1-2	Xénomorphe			
Chlorite	2	< 1	Xénomorphe			
				Dessin		
						

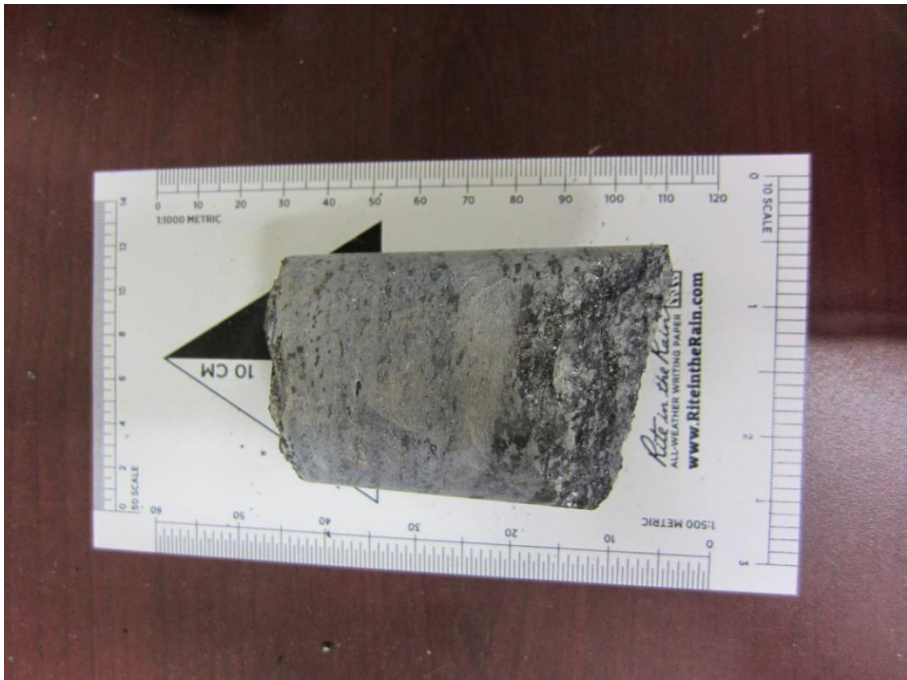
Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2																																					
No. Échantillon:		8b		Secteur:		Fire Lake		UTMN:	5800822,6	MTM27																											
Nom:		Amphibolite		2010_03F		UTME:		621195,745																													
Mesures structurales (Échantillon)				Dessin mégascopique (figure 1)																																	
Sp:		Lé:																																			
S2:		Li:																																			
PA:		Pl																																			
Autre:																																					
Commentaires/observations																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Minéraux</th> <th>%</th> <th>Description microscopique</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quartz</td> <td>15</td> <td>Xénomorphe secondaire, semble remplir les cavités</td> </tr> <tr> <td>Plagioclase</td> <td>30</td> <td>Sub-Automorphe, macles très altérés</td> </tr> <tr> <td>Hornblende</td> <td>30</td> <td>Automorphe</td> </tr> <tr> <td>Biotite</td> <td>15</td> <td>Automorphe en baguette</td> </tr> <tr> <td>Rutile</td> <td>4</td> <td>Xénomorphe</td> </tr> <tr> <td>Hématite</td> <td>5</td> <td>Sub-Automorphe, présence d'exsolution (environ 2% ont des exsol. D'ilménite)</td> </tr> <tr> <td>Apatite</td> <td>1</td> <td>Sub-automorphe</td> </tr> <tr> <td>Zircon</td> <td>tr</td> <td>Automorphe, très petit</td> </tr> </tbody> </table>											Minéraux	%	Description microscopique	Quartz	15	Xénomorphe secondaire, semble remplir les cavités	Plagioclase	30	Sub-Automorphe, macles très altérés	Hornblende	30	Automorphe	Biotite	15	Automorphe en baguette	Rutile	4	Xénomorphe	Hématite	5	Sub-Automorphe, présence d'exsolution (environ 2% ont des exsol. D'ilménite)	Apatite	1	Sub-automorphe	Zircon	tr	Automorphe, très petit
Minéraux	%	Description microscopique																																			
Quartz	15	Xénomorphe secondaire, semble remplir les cavités																																			
Plagioclase	30	Sub-Automorphe, macles très altérés																																			
Hornblende	30	Automorphe																																			
Biotite	15	Automorphe en baguette																																			
Rutile	4	Xénomorphe																																			
Hématite	5	Sub-Automorphe, présence d'exsolution (environ 2% ont des exsol. D'ilménite)																																			
Apatite	1	Sub-automorphe																																			
Zircon	tr	Automorphe, très petit																																			
Paragénèse(s)		Faciès métamorphique: Amphibolite																																			
Commentaires				Dessins																																	
																																					

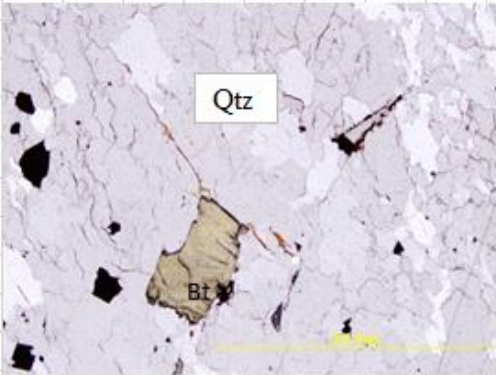
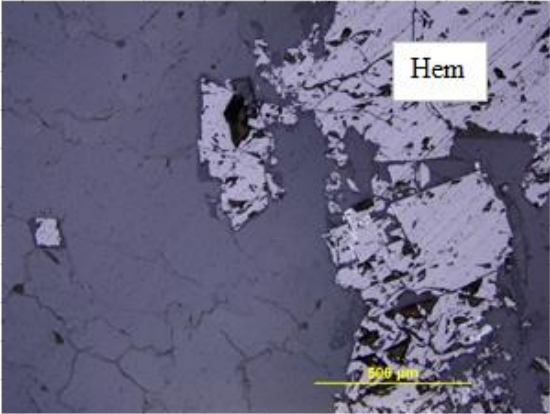
Description macroscopique Contact 8, Échantillon 3, Trou 2010_03F, Profondeur 288 m, Localisation : FL							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	A) AMP Légèrement magnétique Aucune réaction au HCl Foliation difficilement visible	Contact AMP/IF net	On peut facilement apercevoir l'intrusion de minéraux de l'amphibolite dans la formation de fer	
A) Hornblende	40	1-3	Automorphe				
Biotite	30	1-3	Automorphe				
Plagioclases	28	1-2	Xénomorphe				
Chlorite	2	< 1	Xénomorphe				
B) Magnétite	20	1-3	Automorphe	B) MIF Magnétique Aucune réaction au HCl Foliation difficilement visible Fracturation moyenne Environ 20% de fer			
Hématite	5	< 1	Sub-Automorphe				
Biotite	10	1-2	Automorphe				
Hornblende	10	1-3	Automorphe				
Quartz	55	1	Xénomorphe				


Dessin

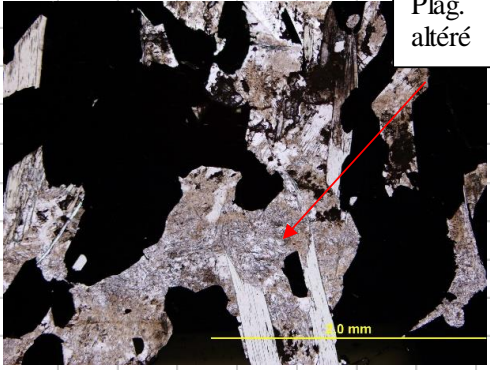
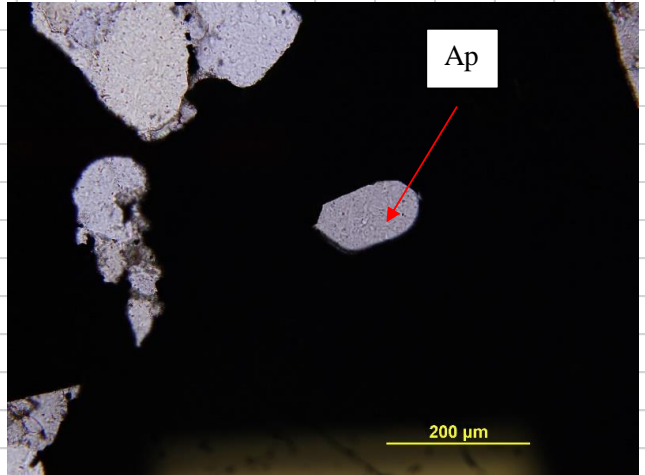


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2											
No. Échantillon:		8c		Secteur:		Fire Lake		UTMN:		5800822,6	MTM27
Nom:		Contact				2010_03F		UTME:		621195,745	
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:		Lé:									
S2:		Li:									
PA:		Pl									
Autre:											
Commentaires/observations											
Présence de deux granulométries très distinctes pour le quartz (grossier et fin).											
Minéraux				%		Description microscopique					
Quartz				23		Xénomorphe, secondaire, 2 granulométries (grossière et fine)					
Plagioclase				15		Xénomorphe, macles faiblement visible, très altéré					
Hornblende				30		Automorphe, allongé					
Martite/Magnétite				3		Sub-Automorphe					
Hématite				7		Sub-Automorphe					
Chlorite				3		Xénomorphe, souvent autour des grains d'oxyde					
Pyroxène				2		Sub-Automorphe					
Apatite				1		Sub-Automorphe, très petit					
Rutile				1		Sub-automorphe					
Biotite				15		Automorphe, en baguette					
Paragénèse(s)		Facès métamorphique: amphibolite.									
Commentaires						Dessins					
											


Description macroscopique Contact 8, Échantillon 4, Trou 2010_03F, Profondeur 288 m, Localisation : FL							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Magnétique Foliation à environ 50 degrés Dureté élevé Faible altération Fracturation moyenne Aucune réaction au HCl Granulométrie fine à moyenne	IF altéré		
Magnétite	20	1-3	Automorphe				
Hématite	5	1	Sub-Automorphe				
Quartz	75	1	Xénomorphe				
				Dessin			
							

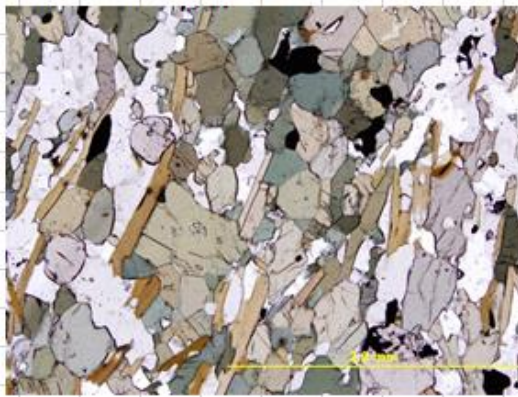
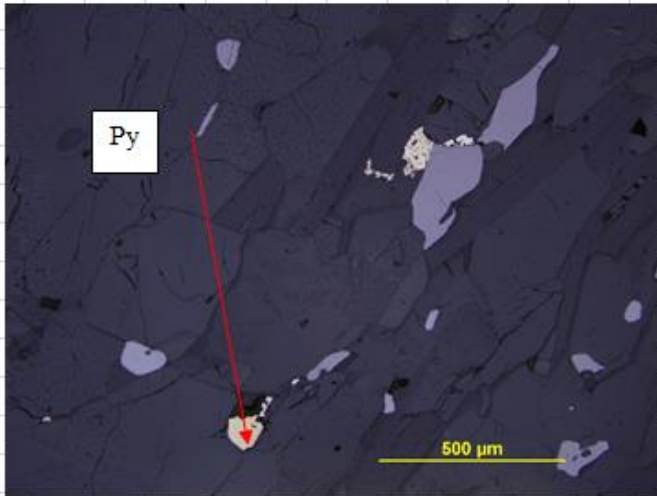
Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2													
No. Échantillon:		8d		Secteur:		Fire Lake		UTMN:		5800822,6		MTM27	
Nom:		Formation de fer				2010_03F		UTME:		621195,745			
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)							
Sp:				Lé:									
S2:				Li:									
PA:				Pl:									
Autre:													
Commentaires/observations													
Présence de deux granulométrie très différentes (grossière et fine) pour les oxydes de fer													
Minéraux				%		Description microscopique							
Quartz				69		Xénomorphe, secondaire							
Oxyde de fer				25		Sub-Automorphe, deux granulométries (grossière et fine)							
Chlorite				2		Très petit, entoure les oxydes de fer, automorphe							
Biotite				1		Très petit, autour des oxydes de fer, automorphe							
Hornblende				3		Automorphe, très peu présent							
Rutile				tr		Sub-Automorphe							
Paragénèse(s)		Faciès métamorphique: Amphibolite											
Commentaires						Dessins							
													


Description macroscopique Contact 8, Échantillon 5, Trou 2010_03F, Profondeur 288 m, Localisation : FL							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Foliation inexistante Dureté élevé Fracturation faible Faible altération Granulométrie moyenne à fine	IF sain		
Hématite	25	1	Sub-Automorphe				
Quartz	30	1	Xénomorphe				
Feldspath alcalin	40	1-4	Xénomorphe				
Biotite	5	1	Autormorphe				
				Dessin			

Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2													
No. Échantillon:		8e		Secteur:		Fire Lake		UTMN:		5800822,6		MTM27	
Nom:		Formation de fer				2010_03F		UTME:		621195,745			
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)							
Sp:		Lé:				 <div data-bbox="1242 336 1347 430" style="border: 1px solid black; padding: 2px; position: absolute; top: 160px; right: 10px;">Plag. altéré</div>							
S2:		Li:											
PA:		Pl											
Autre:													
Commentaires/observations													
Présence importante de microcline (seule lame mince pour le moment).													
Minéraux				%		Description microscopique							
Microcline				18		Sub-Automorphe, très gros cristaux, avec macles typique en grille							
Quartz				30		Xénomorphe, secondaire, remplit les cavités							
Hématite				25		Xénomorphe, deux granulométries distinctes							
Chlorite				5		Automorphe, très petit, entoure les oxydes de fer							
Argile				10		Très petit, autour des oxydes de fer							
Muscovite				2		Automorphe, très petit, entoure les oxydes de fer							
Biotite				8		Automorphe, près des oxydes de fer							
Rutile				2		xénomorphe							
Paragénèse(s)		Faciès métamorphique: schiste vert supérieur											
Commentaires						Dessins							
Présence importante de contaminant avec de la microcline, de la chlorite, des argiles et de la muscovite autour des oxydes de fer						 <div data-bbox="1136 1260 1209 1323" style="border: 1px solid black; padding: 2px; position: absolute; top: 600px; right: 10px;">Ap</div>							


CONTACT 9

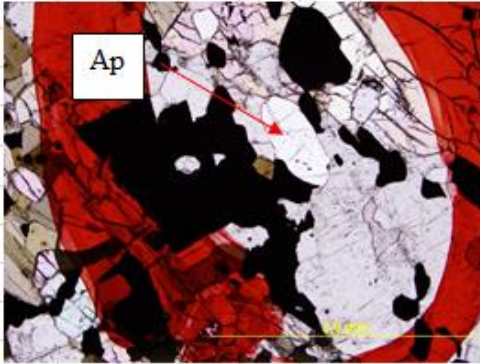
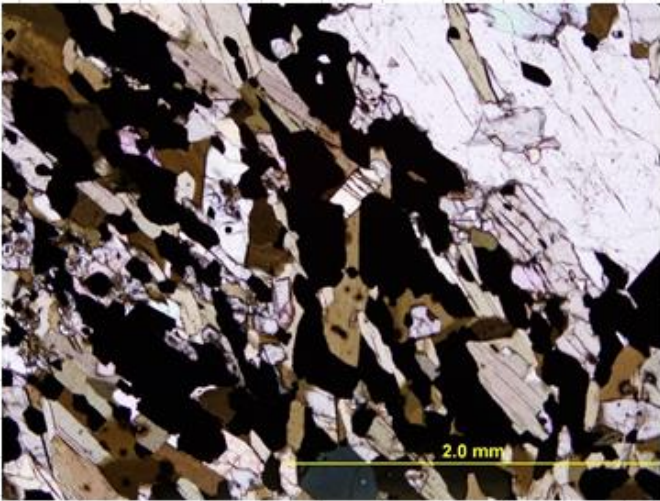
Description macroscopique Contact 9, Échantillon 1, Trou 2012_06, Profondeur 215 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Non-magnétique Ne réagit pas au HCl Granulométrie fine Dureté élevé Foliation bien développé à environ 55 degrés Fracturation faible Altération faible	Amphibolite saine	
Hornblende	40	1	Automorphe			
Biotite	25	1	Automorphe			
Plagioclases	30	1	Xénomorphe			
Grenats	4	1-2	Automorphe			
Ilménite	1	< 1	Sub-Automorphe			
				Dessin		
						


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2																																						
No. Échantillon:	9a	Secteur:	BLA	UTMY:	5845124,778																																	
Nom:	Amphibolite		2012_06	UTMX:	611750,525																																	
Mesures structurales (Échantillon)			Dessin mégascopique (figure 1)																																			
Sp:		Lé:																																				
S2:		Li:																																				
PA:		Pl:																																				
Autre:																																						
Commentaires/observations																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Minéraux</th> <th>%</th> <th>Description microscopique</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quartz</td> <td>7</td> <td>Xénomorphe, secondaire</td> </tr> <tr> <td>Plagioclase</td> <td>31</td> <td>Xénomorphe, très altéré</td> </tr> <tr> <td>Hornblende</td> <td>30</td> <td>Automorphe</td> </tr> <tr> <td>Biotite</td> <td>20</td> <td>Automorphe</td> </tr> <tr> <td>Grenat</td> <td>5</td> <td>Automorphe, très petit</td> </tr> <tr> <td>Ilménite</td> <td>3</td> <td>Sub-Automorphe</td> </tr> <tr> <td>Hématite</td> <td>-1</td> <td>Sub-Automorphe</td> </tr> <tr> <td>Rutile</td> <td>2</td> <td>Xénomorphe</td> </tr> <tr> <td>Pyrite</td> <td>tr</td> <td>Xénomorphe</td> </tr> <tr> <td>Apatite</td> <td>2</td> <td>Automorphe</td> </tr> </tbody> </table>						Minéraux	%	Description microscopique	Quartz	7	Xénomorphe, secondaire	Plagioclase	31	Xénomorphe, très altéré	Hornblende	30	Automorphe	Biotite	20	Automorphe	Grenat	5	Automorphe, très petit	Ilménite	3	Sub-Automorphe	Hématite	-1	Sub-Automorphe	Rutile	2	Xénomorphe	Pyrite	tr	Xénomorphe	Apatite	2	Automorphe
Minéraux	%	Description microscopique																																				
Quartz	7	Xénomorphe, secondaire																																				
Plagioclase	31	Xénomorphe, très altéré																																				
Hornblende	30	Automorphe																																				
Biotite	20	Automorphe																																				
Grenat	5	Automorphe, très petit																																				
Ilménite	3	Sub-Automorphe																																				
Hématite	-1	Sub-Automorphe																																				
Rutile	2	Xénomorphe																																				
Pyrite	tr	Xénomorphe																																				
Apatite	2	Automorphe																																				
Paragénèse(s)		Faciès métamorphique: Amphibolite																																				
Commentaires			Dessins																																			
																																						

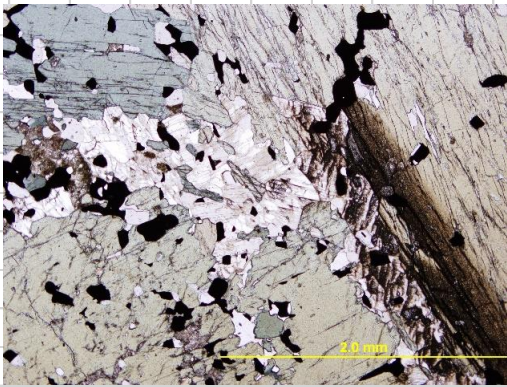
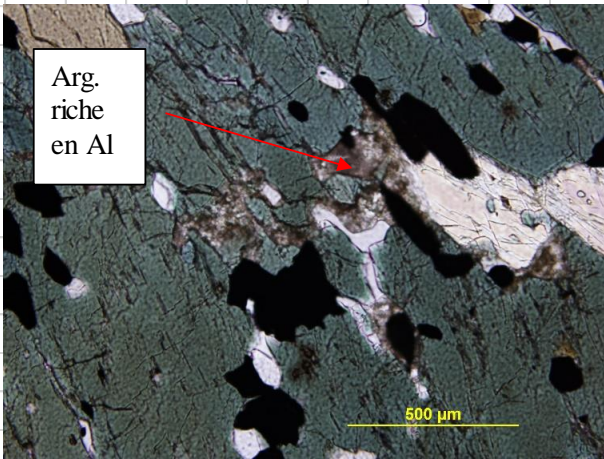
Description macroscopique Contact 9, Échantillon 2, Trou 2012_06, Profondeur 215 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Léger magnétisme De type folié Foliation à environ 55 degrés Fracturation faible Altération faible Granulométrie fine Aucune réaction au HCl	Amphibolite altéré	
Hornblende	40	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1	Automorphe			
Plagioclases	35	1	Xénomorphe			
Ilménite	2	< 1	Automorphe			
Magnétite	1	< 1	Automorphe			
Grenats	2	1-2	Automorphe			


[illegible]

Description macroscopique Contact 9, Échantillon 3, Trou 2012_06, Profondeur 215 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Contact net entre une amphibolite massive et une formation de fer disséminé Environ 10-15% de fer Altération importante de type argilisation, épidote et calcite Réaction au HCl Granulométrie moyenne à grossière	Contact AMP/IF Graduel	
Horblende	25	1-4	Automorphe			
Biotite	20	1-3	Automorphe			
Quartz	30	1-2	Xénomorphe			
Hématite	20	1	Sub-Automorphe			
Argilite	2	<< 1	Xénomorphe			
Épidote	2	1	Sub-Automorphe			
Calcite	1	1-2	Xénomorphe			
				Dessin		
						

Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2											
No. Échantillon:		9c		Secteur:		BLA		UTMY:		5845124,778	
Nom:		Contact				2012_06		UTMX:		611750,525	
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:				Lé:							
S2:				Li:							
PA:				Pl:							
Autre:											
Commentaires/observations											
Minéraux				%		Description microscopique					
Ilménite				20		Sub-Automorphe, en grande quantité					
Quartz				33		Xénomorphe, fortement fracturé et altéré					
Biotite				20		Automorphe, en baguette, très importante					
Hornblende				5		Sub-Automorphe, faible quantité					
Apatite				2		Sub-automorphe à Automorphe, très petit					
Argile				3		Autour des oxydes, très petit					
Magnétite/Ilménite				15		Sub-Automorphe, en exsolution					
Rutile				2		Xénomorphe					
Calcite				tr		Sub-Automorphe					
Paragénèse(s)		Faciès métamorphique: Schiste vert supérieur									
Commentaires						Dessins					
											


Description macroscopique Contact 9, Échantillon 4, Trou 2012_06, Profondeur 215 m, Localisation : BLA							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Légèrement magnétique Altération importante de type micassé, argilisé Fracturation importante avec zone complètement broyés Aucune réaction au HCl Foliation inexistante	IF altéré		
Hornblende	30	1-3	Automorphe				
Biotite	20	1	Automorphe				
Quartz	30	1	Xénomorphe				
Hématite	15	< 1	Xénomorphe				
Chlorite	2	< 1	Automorphe				
Argilite	3	< 1	Sub-Automorphe	Dessin 			

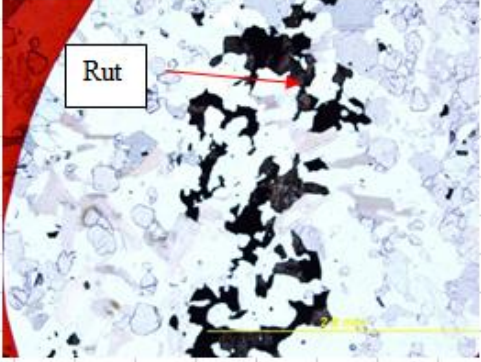
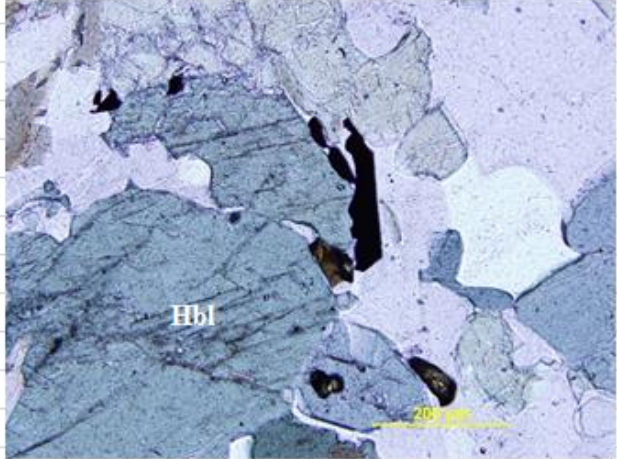
Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2											
No. Échantillon:		9d		Secteur:		BLA		UTMY:		5845124,778	
Nom:		Amphibolite				2012_06		UTMX:		611750,525	
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:		Lé:									
S2:		Li:									
PA:		Pl									
Autre:											
Commentaires/observations											
Était supposé être une formation de fer. Légèrement magnétique. Erreur?											
Minéraux				%		Description microscopique					
Ilménite				10		Sub-Automorphe					
Biotite				10		Automorphe en baguette					
Quartz				25		Xénomorphe très petit					
Hornblende				40		Automorphe, très très gros					
Argile				5		Xénomorphe, très petit autour des oxydes					
Rutile				5		Xénomorphe					
Hématite				5		Sub-Automorphe					
Paragénèse(s)											
Commentaires						Dessins					
											


Description macroscopique Contact 9, Échantillon 5, Trou 2012_06, Profondeur 215 m, Localisation : BLA							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Foliation mal développé Environ 20% de fer	IF sain		
Magnétite	20	1-3	Sub-Automorphe	Magnétique			
Quartz	80	1-2	Xénomorphe	Aucune réaction au HCl Fracturation moyenne Altération importante (hématisation et lessivage) Présence de géodes mm formés par le lessivage			
				Dessin			
							

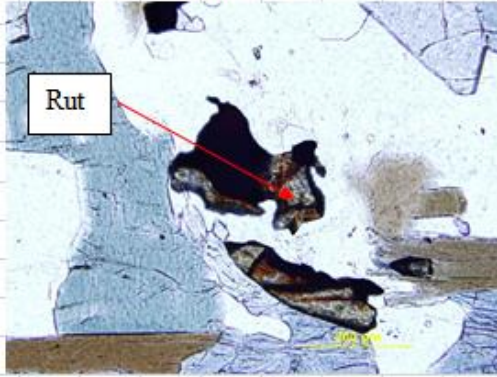
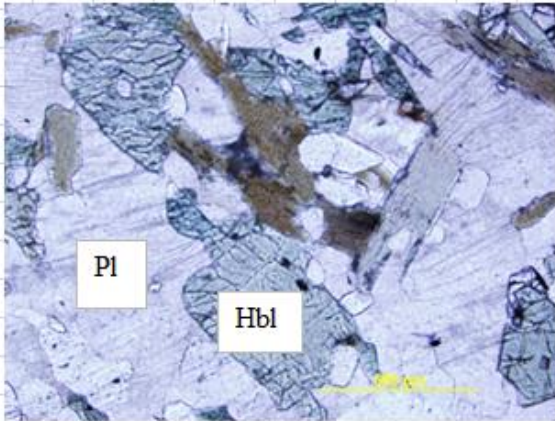
[illegible]


CONTACT 10

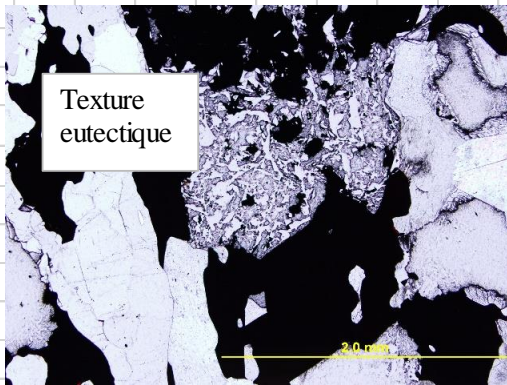
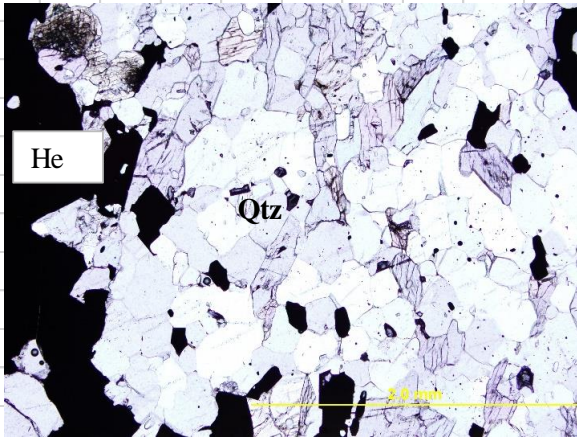
Description macroscopique Contact 10, Échantillon 1, Trou 2012_03, Profondeur 410 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation bien développé à environ 60 degrés Très léger magnétisme Aucune réaction au HCl Fracturation faible et altération faible Granulométrie fine	Amphibolite saine	
Hornblende	35	1	Automorphe			
Biotite	25	1	Automorphe			
Plagioclases	38	1	Xénomorphe			
Ilménite	1	< 1	Sub-Automorphe	Dessin 		
Grenats	1	< 1 -1	Automorphe			


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2									
No. Échantillon:		10a		Secteur:		BLC PIT B		UTMY: 5847080,845	
Nom:		Amphibolite		2012_03		UTMX:		618078,992	
Mesures structurales (Échantillon)					Dessin mégascopique (figure 1)				
Sp:				Lé:					
S2:				Li:					
PA:				Pl:					
Autre:									
Commentaires/observations									
Minéraux				%		Description microscopique			
Biotite				10		Automorphe			
Hornblende				25		Sub-Automorphe			
Grenats				2		Automorphe			
Plagioclases				30		Sub-automorphe, macles très altérés.			
Quartz				10		Xénomorphe			
Ilménite				3		Xénomorphe			
Actinolite				10		Sub-automorphe, genre d'amphibole plus bleuté			
Rutile				7		Xénomorphe			
Apatite				2		Automorphe			
Paragénèse(s)									
Commentaires					Dessins				
									

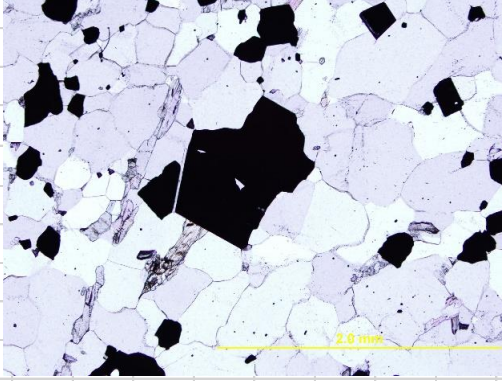
Description macroscopique Contact 10, Échantillon 2, Trou 2012_03, Profondeur 410 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation à environ 60 degrés Non-magnétique Aucune réaction au HCl Fracturation moyenne Altération faible Granulométrie fine	Amphibolite altéré	
Hornblende	37	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	20	1	Automorphe			
Plagioclases	40	1	Xénomorphe			
Grenats	2	< 1-1	Automorphe			
Ilménite	1	< 1	Sub-Automorphe			


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2											
No. Échantillon:		10b		Secteur:		BLC PIT B		UTMY:		5847080,845	
Nom:		Amphibolite		2012_03		UTMX:		618078,992			
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:				Lé:							
S2:				Li:							
PA:				Pl:							
Autre:											
Commentaires/observations											
Minéraux				%		Description microscopique					
Biotite				10		Automorphe					
Hornblende				30		Automorphe					
Plagioclase				37		Xénomorphe, macles très altérés					
Quartz				15		Xénomorphe					
Actinolite				2		Xénomorphe					
Opaques				3		Sub-automorphe (Ilménite 90%, hématite 10%)					
Apatite				1		Automorphe					
Rutile				2		Xénomorphe					
Paragénèse(s)											
Commentaires						Dessins					
											

Description macroscopique Contact 10, Échantillon 3, Trou 2011_03, Profondeur 410 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Interdigitation de l'AMP et de l'IF. On voit bien la progression de l'un dans l'autre Magnétique Aucune réaction au HCl Foliation inexistante Dureté élevé Fracturation moyenne Altération ACT-TREM Granulométrie fine	Contact AMP/IF Graduel	
Magnétite	30	1-3	Automorphe			
Quartz	40	1	Xénomorphe			
Biotite	10	1	Automorphe			
Hornblende	10	1-2	Automorphe			
Actinolite-Trémolite	10	1-2	Xénomorphe à sub-automorphe	Dessin 		


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2											
No. Échantillon:		10c		Secteur:		BLC PIT B		UTMY:		5847080,845	
Nom:		Contact contaminé				2012_03		UTMX:		618078,992	
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:		Lé:									
S2:		Li:									
PA:		Pl									
Autre:											
Commentaires/observations											
Contact très contaminé.											
Géologie complexe dans ce secteur.											
Minéraux				%		Description microscopique					
Actinolite/Trémolite				7		Gros minéral. Sub-Automorphe. Comme en 10b.					
Quartz				71		Xénomorphe					
Apatite				2		Automorphe, très petit					
Opaques				10		Sub-Automorphe (martite 40%, hématite 50%, magnétite 10%)					
Muscovite				3		Automorphe, très petit					
Plagioclases				7		Sub-Automorphe, macles très altérés.					
Paragénèse(s)											
Commentaires						Dessins					
											


Description macroscopique Contact 10, Échantillon 4, Trou 2012_03, Profondeur 410 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille	Autres	Formation de fer bien développé à environ 70 degrés Magnétique Aucune réaction au HCl Granulométrie fine à moyenne Fracturation faible à moyenne Altération à ACT-TREM Dureté moyenne à élevé	IF altéré	
Magnétite	30	1-3	Automorphe			
Quartz	60	1	Xénomorphe			
Actinolite-Trémolite	10	1-2	Xénomorphe à sub-automorphe			
				Dessin		
						


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2																	
No. Échantillon:		10d		Secteur:		BLC PIT B		UTMY:		5847080,845							
Nom:		Formation de fer contaminé		2012_03		UTMX:		618078,992									
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)											
Sp:		Lé:															
S2:		Li:															
PA:		Pl															
Autre:																	
Commentaires/observations																	
Formation de fer ultra contaminé.																	
Géologie très complexe dans le secteur.																	
Minéraux				%		Description microscopique											
Apatite				2		Sub-Automorphe											
Actinolite/Trémolite				18		Automorphe											
Cummingtonite				7		Automorphe											
Quartz				58		Xénomorphe											
Opaques				15		Sub-Automorphe (martite 80% et hématite 20%)											
Paragénèse(s)																	
Commentaires						Dessins											


Description macroscopique Contact 10, Échantillon 5, Trou 2012_03, Profondeur 410 m, Localisation : BLC							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Magnétique Aucune réaction au HCl % de fer d'environ 30% Fracturation faible Altération faible Granulométrie fine à moyenne Foliation à environ 60 degrés	IF sain		
Magnétite	30	1-2	Automorphe				
Hématite	5	1	Automorphe				
Quartz	60	1	Xénomorphe				
Actinolite/ Trémolite	5	1	Sub-Automorphe				
				Dessin			


CONTACT 11

Description macroscopique Contact 11, Échantillon 1, Trou 2011_44, Profondeur 370 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation à environ 65 degrés Très légèrement magnétique Aucune réaction au HCl Fracturation très faible Altération inexistante Granulométrie fine à moyenne Dureté élevé	Amphibolite saine	
Hornblende	40	1-3	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1-2	Automorphe			
Plagioclases	27	1	Xénomorphe			
Ilménite	1	< 1	Sub-Automorphe			
Grenats	2	1-2	Automorphe			
Pyrite	< 1	<< 1	Sub-Automorphe			


Description macroscopique Contact 11, Échantillon 2, Trou 2011_44, Profondeur 370 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Foliation non-visible Fracturation très importante Altération très importante (argileuse et micassé) Dureté faible Non-magnétique Aucune réaction au HCl Granulométrie fine à moyenne	Amphibolite altéré	
Hornblende	25	1-2	Automorphe			
Biotite	40	1-2	Automorphe			
Plagioclases	20	1	Xénomorphe			
Argilite	14	<< 1	Xénomorphe			
Ilménite	1	< 1	Sub-Automorphe	Dessin		
						

Description macroscopique Contact 11, Échantillon 3, Trou 2011_44, Profondeur 370 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche hautement fracturé et hautement argilisé Aucune foliation visible Granulométrie moyenne Couleur brun-noir foncé Magnétique par endroit Aucune réaction au HCl	Contact AMP/QR Argilite	
Magnétite	4	< 1-1	Automorphe	Dessin 		
Ilménite	1	< 1-1	Sub-Automorphe			
Biotite/ Hornblende	35	1	Automorphe			
Argilite	45	<< 1	Xénormorphe			
Quartz/ Plagioclase (impossible à distinguer, trop petit)	15	1	Xénomorphe			


Description macroscopique Contact 11, Échantillon 4, Trou 2011_44, Profondeur 370 m, Localisation : BLA								
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres		
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De couleur rosée (quartz hématisé) Aucune foliation Non-Magnétique Aucune réaction au HCl Dureté élevé à moyenne Granulométrie fine Fracturation importante Altération importante dans les fractures (hématisation)	QR altéré			
Quartz	90	1	Xénomorphe					
Hématite	10	1	Xénomorphe					
				Dessin				
								


Description macroscopique Contact 11, Échantillon 5, Trou 2011_44, Profondeur 370 m, Localisation : BLA						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille	Autres	QR avec environ 5% de fer Fracturation moyenne Altération moyenne dans les fractures (hématisation) Couleur rosée Foliation inexistante Dureté élevé Granulométrie fine	QR sain	
Quartz	95	1	Xénomorphe			
Hématite	5	1	Xénomorphe			
				Dessin 		


CONTACT 12


Description macroscopique Contact 12, Échantillon 1, Trou 2004_13, Profondeur 44 m, Localisation : BLC							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer avec environ 30% de fer	Formation de fer ultra contaminé en ACT-TREM	Pas de contact avec AMP	
Quartz	17	1-2	Xénomorphe	Foliation évidente à environ 55 degrés			
Magnétite	30	1-4	Automorphe	Fracturation moyenne			
Actinolite/ Trémolite	20	1-2	Sub-Automorphe à xénomorphe	Altération et contamination importante à ACT-TREM-GRU-CUMM-ÉPI-CAL			
Grunérite/ Cummingtonite	20	1-2	Sub-Automorphe à xénomorphe	Dureté élevé			
				Magnétique			
Épidote	2	1	Sub-Automorphe	Forte réaction au HCl			
Calcite rosée	10	1	Xénomorphe	Granulométrie fine à moyenne			
				Dessin			
							

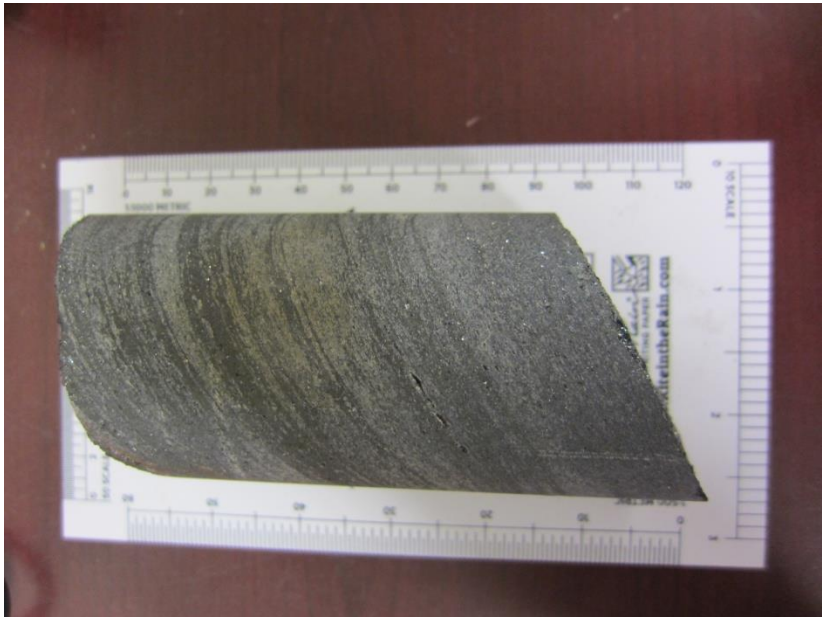
CONTACT 13

Description macroscopique Contact 13, Échantillon 1, Trou 04_DR_CP8, Profondeur 10 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	De type folié Foliation à environ 50 degrés Non-magnétique Aucune réaction au HCl Dureté élevé Fracturation faible Altération faible (argilisation dans les fractures)	Amphibolite saine	
Hornblende	40	1-2	Automorphe			
Biotite	30	1	Automorphe			
Plagioclases	25	1	Xénomorphe			
Grenats	3	1-2	Automorphe			
Ilménite	2	< 1	Sub-Automorphe			
				Dessin 		


Description macroscopique Contact 13, Échantillon 2, Trou 04_DR_CP8, Profondeur 10 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Foliation mal développé à environ 60 degrés Présence importante de fracture Altération moyenne, surtout argilisé et micassé Granulométrie fine Dureté moyenne Non-magnétique Aucune réaction au HCl	Amphibolite altéré	
Hornblende	30	1-3	Automorphe	Dessin 		
Biotite	40	1-2	Automorphe			
Plagioclases	25	1	Xénomorphe			
Grenats	2	1-3	Automorphe			
Argilite	3	< 1	Xénomorphe			

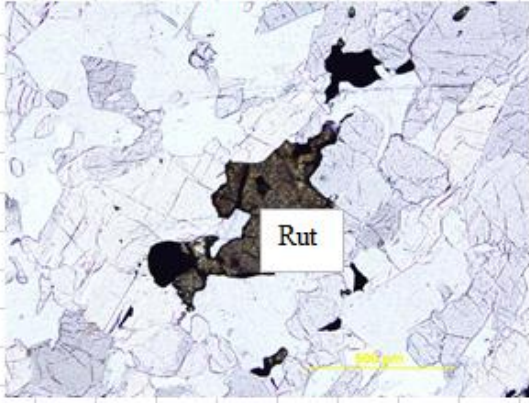
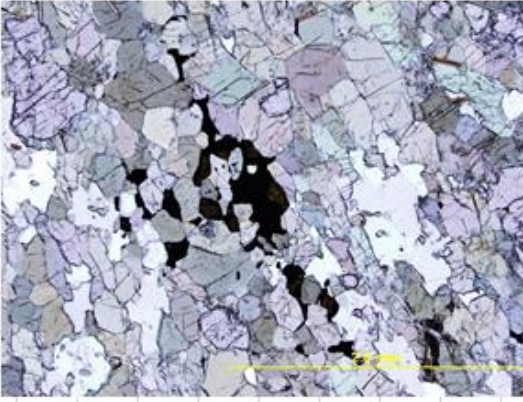
Description macroscopique Contact 13, Échantillon 3, Trou 04_DR_CP8, Profondeur 10 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Contact fer/amp net Très fracturé et broyé Altération de type argilisation et épidotisation Dureté moyenne Granulométrie fine à moyenne Léger magnétisme pour amp et magnétisme moyen pour fer Aucune réaction au HCl	Contact AMP/IF net	
Hornblende	25	1-2	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1-2	Automorphe			
Plagioclases	20	1	Xénomorphe			
Magnétite	5	1	Automorphe			
Hématite	15	< 1-1	Sub-Automorphe			
Épidote	3	1	Xénomorphe			
Argilite	2	<< 1	Xénomorphe			


Description macroscopique Contact 13, Échantillon 4, Trou 04_DR_CP8, Profondeur 10 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer à hématite, environ 15-20% de fer	IF altéré	
Quartz	55	1	Xénomorphe	Bande de magnétite plus loin dans la carotte		
Hématite	15	1	Automorphe	Fracturation importante		
Magnétite	5	1-2	Automorphe	Altération importante surtout à épidote et actinolite/trémolite		
Épidote	20	1	Xénomorphe	Magnétique		
Actinolite/ trémolite	5	1-2	Xénomorphe à Sub-Automorphe	Aucune réaction au HCl		
				Foliation peu visible à environ 60 degrés		
				Granulométrie fine		
				Dessin		
						


Description macroscopique Contact 13, Échantillon 5, Trou 04_DR_CP08, Profondeur 10 m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer à hématite environ 35% de fer Belle foliation à environ 55 degrés Très léger magnétisme Aucune réaction au HCl Faible fracturation Aucune altération Dureté élevé Granulométrie fine	IF sain	
Hématite	33	1	Automorphe			
Magnétite	2	1	Automorphe			
Quartz	65	1	Xénomorphe			
				Dessin		
						

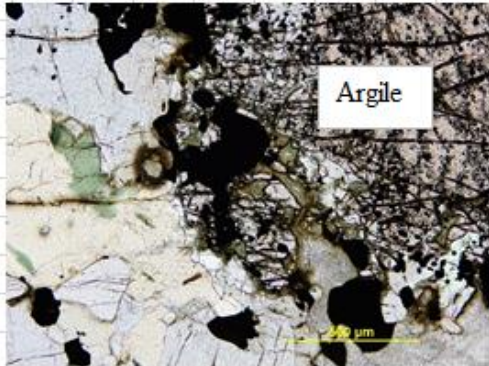
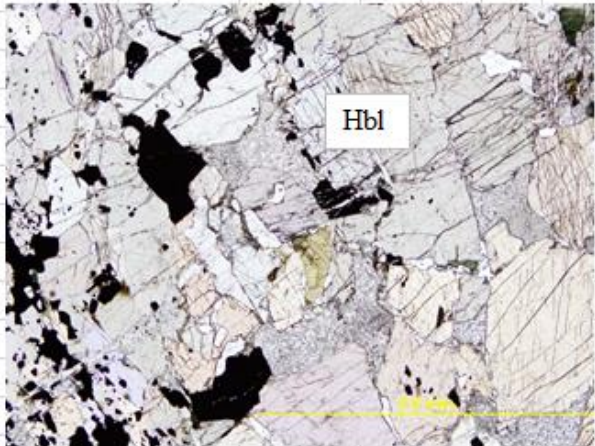
CONTACT 14


Description macroscopique Contact 14, Échantillon 1, Trou 2004_13, Profondeur 119 m, Localisation :						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique Foliation moyennement bien développé à 60 degrés Léger magnétisme Aucune réaction au HCl Granulométrie fine Fracturation faible Altération faible Dureté élevé	Amphibolite saine	
Hornblende	35	1-2	Automorphe			
Biotite	30	1-2	Automorphe			
Plagioclase	30	1	Xénomorphe			
Grenat	4	1-5	Automorphe			
Ilménite	1	< 1	Sub-Automorphe	<div>Dessin</div>		


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2											
No. Échantillon:		14a		Secteur:		MOIRÉ		UTMN:		621036,1 NAD 27	
Nom:		Amphibolite		2004_13		UTME:		5846427,2			
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:				Lé:							
S2:				Li:							
PA:				Pl:							
Autre:											
Commentaires/observations											
Minéraux				%		Description microscopique					
Grenats				5		Automorphe, petits, avec texture de fluage autour					
Hornblende				53		Sub-Automorphe, en quantité très importante					
Biotite				5		Automorphe, petits, très peu nombreux					
Argile				1		Autour des oxydes, très petit					
Oxydes				3		Sub-Automorphe (Pyrite 5%, ilménite 50% et magnétite 45%)					
Plagioclases				20		Sub-Automorphe, très altéré avec macles faiblement visibles					
Quartz				10		Xénomorphe, secondaire.					
Rutile				3		Xénomorphe					
Zircon				tr		Automorphe, très petit					
Paragénèse(s)											
Commentaires						Dessins					
											

Description macroscopique Contact 14, Échantillon 2, Trou 2004_13, Profondeur 119 m, Localisation :						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique Foliation à environ 60 degrés Léger magnétisme Aucune réaction au HCl Fracturation faible Altération faible Granulométrie fine Dureté élevé	Amphibolite altéré	
Hornblende	35	1-2	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1-2	Automorphe			
Plagioclase	30	1	Xénomorphe			
Ilménite	2	< 1	Sub-Automorphe			
Grenat	3	1-2	Automorphe			

Description macroscopique Contact 14, Échantillon 3, Trou 2004_13, Profondeur 119 m, Localisation :						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche avec environ 20% de fer Magnétique Aucune réaction au HCl Altération moyenne de type épidotisation Contamination en silicates Dureté élevé Aucune foliation Granulométrie fine Fracturation importante	Contact AMP/IF graduel	
Magnétite	15	1	Sub-Automorphe			
Hématite	5	1	Sub-Automorphe			
Quartz	65	1	Xénomorphe			
Épidote	5	1	Xénomorphe			
Actinolite/ Trémolite	10	1	Xénomorphe	Dessin 		


Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 2						
No. Échantillon:	14c	Secteur:	MOIRÉ	UTMN:	621036,1	NAD 27
Nom:	Contact contaminé		2004_13	UTME:	5846427,2	
Mesures structurales (Échantillon)			Dessin mégascopique (figure 1)			
Sp:		Lé:				
S2:		Li:				
PA:		Pl:				
Autre:						
Commentaires/observations						
Présence très importante de contaminant.						
Foliation faiblement visible.						
Présence d'une zone au milieu avec un broyage très fin.						
Minéraux		%	Description microscopique			
Oxydes		25	Sub-Automorphe (Pyrite 2%, Magnétite 98%)			
Quartz		10	Xénomorphe, secondaire			
Actinolite/trémolite		50	Automorphe, en quantité très importante			
Biotite		5	Automorphe, en baguette, faiblement représenté			
Cummingtonite		1	Automorphe			
Rutile		2	Xénomorphe			
Hornblende		7	Automorphe			
Paragénèse(s)						
Commentaires			Dessins			
						


Description macroscopique Contact 14, Échantillon 4, Trou 2004_13, Profondeur 119 m, Localisation :						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer à environ 20% Très magnétique Aucune réaction au HCl Foliation bien développé à 55 degrés Fracturation importante Altération de type argilisation Granulométrie fine	IF altéré	
Hématite	5	1	Sub-Automorphe			
Magnétite	15	1-2	Sub-Automorphe			
Quartz	65	1	Xénomorphe			
Argilite	10	<< 1	Xénomorphe			
				Dessin 		


Description macroscopique Contact 14, Échantillon 5, Trou 2004_13, Profondeur 119 m, Localisation :						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer à environ 25% Roche hautement contaminé Magnétique Aucune réaction au HCl Fracturation moyenne Altération faible Granulométrie fine à moyenne Foliation non-uniforme	IF sain * La roche est plus contaminée que le if altéré	
Hématite	5	1	Sub-Automorphe	Dessin 		
Magnétite	20	1-2	Sub-Automorphe			
Quartz	40	1	Xénomorphe			
Actionolite/ Trémolite	20	1	Xénomorphe			
Grunérite	15	1	Xénomorphe			


[illegible]


CONTACT 15

Description macroscopique Contact 15, Échantillon 1, Coordonnées : N-611848, E- 5844551 (NAD 83), Localisation : South Hill (BLA)						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique De couleur noir-verdâtre Aucune réaction au HCl Altération très faible Dureté moyenne à élevé Non-magnétique Granulométrie fine Faible fracturation	Amphibolite saine	Lentille ou charnière de plis
Hornblende	40	1-2	Automorphe			
Biotite	30	1	Automorphe			
Plagioclases	20	1	Xénomorphe			
Quartz	10	1	Xénomorphe			
				Dessin		
						


Description macroscopique Contact 15, Échantillon 2, Coordonnées : N-611848, E- 5844551 (NAD 83), Localisation : South Hill							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique, couleur noir-verdâtre-blanchâtre Plus altéré, argilisé Granulométrie fine Aucune réaction au HCl Très léger magnétisme Plus fracturé	Amphibolite altéré		
Hornblende	30	1-2	Automorphe				
Biotite	30	1	Automorphe				
Argilite	10	<< 1	Xénomorphe				
Plagioclases	30	1	Xénomorphe				
				Dessin			


Description macroscopique Contact 15, Échantillon 3, Coordonnées : N-611848, E- 5844551 (NAD 83), Localisation : South Hill						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique Interdigitation entre les bandes de fer et l'amphibolite Amphibolite très fiabile Granulométrie fine à moyenne Aucune réaction au HCl Léger magnétisme Fracturation importante Faible altération	Contact AMP/IF graduel	
Hornblende	30	1-3	Automorphe	Dessin 		
Biotite	40	1-3	Automorphe			
Magnétite	1	1	Sub-Automorphe			
Hématite	9	1	Sub-Automorphe			
Plagioclases	20	1-2	Xénomorphe			


Description macroscopique Contact 15, Échantillon 4, Coordonnées : N-611848, E- 5844551 (NAD 83), Localisation : South Hill						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Litage fin Léger magnétisme Aucune réaction au HCl Granulométrie fine Fracturation moyenne à faible Altération faible à moyenne de type hématisation	IF altéré	Présence de deux générations d'hématite, une plus grossière dans une veinule de quartz
Hématite	30	1-4	Sub-Automorphe			
Quartz	68	1-3	Xénomorphe			
Magnétite	2	1	Sub-Automorphe			
				Dessin		
						


Description macroscopique Contact 15, Échantillon 5, Coordonnées : N-611848, E- 5844551 (NAD 83), Localisation : South Hill						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer massive Aucune réaction au HCl	IF sain	
Hématite	30	1-2	Sub-Automorphe	Foliation à grande échelle Léger magnétisme Altération faible		
Magnétite	3	1	Sub-Automorphe	Fracturation faible Granulométrie fine		
Quartz	66	1-3	Xénomorphe	Présence d'une veine de Qtz au sommet de l'échantillon		
				Dessin		
						


CONTACT 16

Description macroscopique Contact 16, Échantillon 1, Coordonnées :				Localisation : Mur Nord de P2		
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique Couleur gris-verdâtre Granulométrie fine, sauf pour les grenats qui sont grossiers Aucune réaction au HCl Légèrement magnétique Fracturation faible Altération faible (chloritisation)	Amphibolite saine	
Hornblende	40	1-2	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1	Automorphe			
Grenats	5	1-5	Automorphe			
Ilménite	1-2	1	Sub-Automorphe			
Grunérite	1	1	Sub-Automorphe			
Plagioclases	22	1-2	Xénomorphe			


Description macroscopique Contact 16, Échantillon 2, Coordonnées : Localisation : Mur Nord de P2						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique très altéré Aucune réaction au HCl Non-magnétique Fracturation très importante, roche très friable Granulométrie fine à moyenne Altération très importante (argilisation, épidotisation)	Amphibolite altéré	
Hornblende	20	1-3	Automorphe	Dessin 		
Biotite	30	1-2	Automorphe			
Épidote	30	1	Xénomorphe			
Argilite	15	<< 1	Xénomorphe			
Grenats	5	1-5	Automorphe			
Graphite?						


Description macroscopique Contact 16, Échantillon 3, Coordonnées : Localisation : Mur Nord de P2						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique très altéré Moyennement magnétique Aucune réaction au HCl Fracturation très importante Altération très importante (épidotisation, argilisation) Granulométrie fine	Contact AMP/IF Altéré	
Hornblende	20	1-2	Automorphe	Dessin 		
Biotite	20	1-2	Automorphe			
Plagioclases	20	1	Xénomorphe			
Hématite	5	1	Sub-Automorphe			
Magnétite	5	1	Sub-Automorphe			
Épidote	15	1	Xénomorphe			
Argilite	10	<< 1	Xénomorphe			
Grenats	5	1-5	Automorphe			
Graphite?						


Description macroscopique Contact 16, Échantillon 4, Coordonnées : Localisation : Mur Nord de P2						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer altéré Très fracturé et très altéré (hématisation et argilisation) Granulométrie fine Aucune foliation visible Léger magnétisme Aucune réaction au HCl Dureté faible	IF altéré	
Hématite	30	1-2	Sub-Automorphe			
Magnétite	5	1	Sub-Automorphe			
Argilite	45	<< 1	Xénomorphe			
Quartz	20	1	Xénomorphe			
				Dessin		
						


Description macroscopique Contact 16, Échantillon 5, Coordonnées : Localisation : Mur Nord de P2						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer environ 25% Fracturation faible Altération faible, légère hématisation Magnétique Aucune réaction au HCl Granulométrie fine Belle foliation sub-vertical à vertical	IF sain	
Hématite	20	1	Sub-Automorphe			
Magnétite	5	1-2	Sub-Automorphe			
Quartz	75	1	Xénomorphe			
				Dessin		
						


CONTACT 17


Description macroscopique Contact 17, Échantillon 1, Coordonnées : Y : 5847027,341 X : 614324,992 Z : 573,914, Localisation : P1 mur est						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique Non-magnétique Aucune réaction au HCl Dureté moyenne à élevé Fracturation faible Altération faible (légère argilisation) Foliation présente Granulométrie fine à moyenne	Amphibolite saine	Difficile d'avoir un gros échantillon
Hornblende	30	1	Automorphe	Dessin 		
Biotite	35	1-2	Automorphe			
Plagioclases	30	1	Xénomorphe			
Argilite	5	<< 1	Xénomorphe			
Pyrite	- 1	< 1	Automorphe			

Description macroscopique Contact 17, Échantillon 2, Coordonnées : Y : 5847027,341 X : 614324,992 Z : 573,914, Localisation : P1 mur est						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique altéré Léger magnétisme Aucune réaction au HCl Fracturation importante, roche beaucoup plus friable Altération importante (argilisation, épidotisation) Granulométrie fine Foliation peu développé	Amphibolite altéré	Difficile d'avoir un gros échantillon
Hornblende	30	1-2	Automorphe			
Biotite	30	1-2	Automorphe			
Plagioclase	15	1	Xénomorphe			
Argilite	10	<< 1	Xénomorphe			
Épidote	15	1	Xénomorphe à sub-automorphe	Dessin 		


Description macroscopique Contact 17, Échantillon 3, Coordonnées : Y : 5847027,341 X : 614324,992 Z : 573,914, Localisation : P1 mur est						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique Magnétique dans l'horizon de formation de fer, léger magnétisme au contact, non-magnétique dans la section amphibolite Aucune réaction au HCl Granulométrie fine Foliation moyennement à bien développé Fracturation importante, roche friable Altération importante (hématisation et épidotisation)	Contact AMP/IF Altéré	Contact très variable, passe de très altéré à peu altéré
Hornblende	20	1-2	Automorphe			
Biotite	20	1-2	Automorphe			
Plagioclase	10	1	Xénomorphe			
Quartz	20	1-3	Xénomorphe à Sub-Automorphe			
Hématite	5	1	Sub-Automorphe			
Magnétite	15	1-2	Automorphe			
Argilite	5	<< 1	Xénomorphe			
Épidote	5	1	Xénomorphe			
				Dessin 		


Description macroscopique Contact 17, Échantillon 4, Coordonnées : Y : 5847027,341 X : 614324,992 Z : 573,914, Localisation : P1 mur est						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer à environ 20-25% Magnétique Aucune réaction au HCl Fracturation moyenne à importante Altération importante (hématisation) Foliation moyennement défini Granulométrie moyenne	IF altéré	
Hématite	15	1	Automorphe	Dessin 		
Magnétite	10	1-3	Automorphe			
Quartz	70	1	Xénomorphe			
Muscovite	5	1	Automorphe			

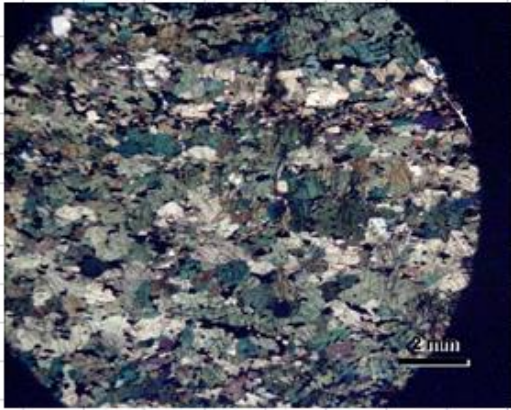
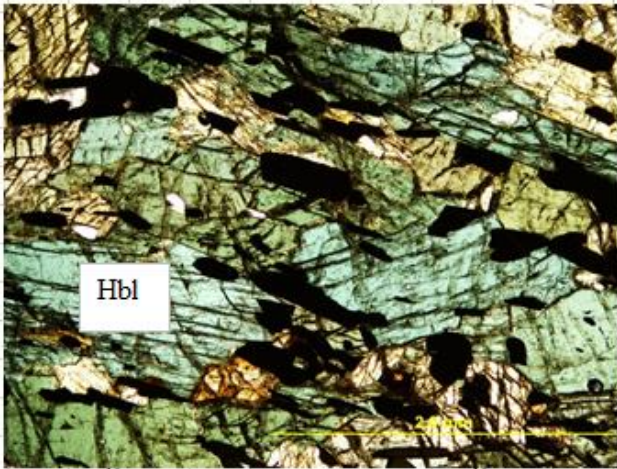
Description macroscopique Contact 17, Échantillon 5, Coordonnées : Y : 5847027,341 X : 614324,992 Z : 573,914, Localisation : P1 mur est						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer à environ 25-30% Magnétique Aucune réaction au HCl Fracturation faible Altération faible Belle foliation bien développé Granulométrie fine à moyenne	IF sain	
Hématite	10	1	Automorphe			
Magnétite	20	1-2	Automorphe			
Quartz	70	1-3	Xénomorphe			
				Dessin		
						


Description macroscopique Contact 17, Échantillon 6, Coordonnées : Y : 5847027,341 X : 614324,992 Z : 573,914, Localisation : P1 mur est							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer idem de l'échantillon 5 mais avec une bande de sulfures, environ 20% sulfures Non-magnétique Aucune réaction au HCl	Veine de sulfure dans l'IF sain		
Pyrite	19	1	Automorphe à sub-automorphe				
Chalcopyrite	1	< 1	Sub-Automorphe				
Formation de fer	80	1-5	Variable				
				Dessin			

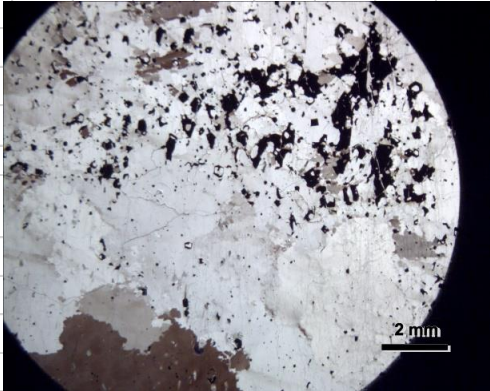
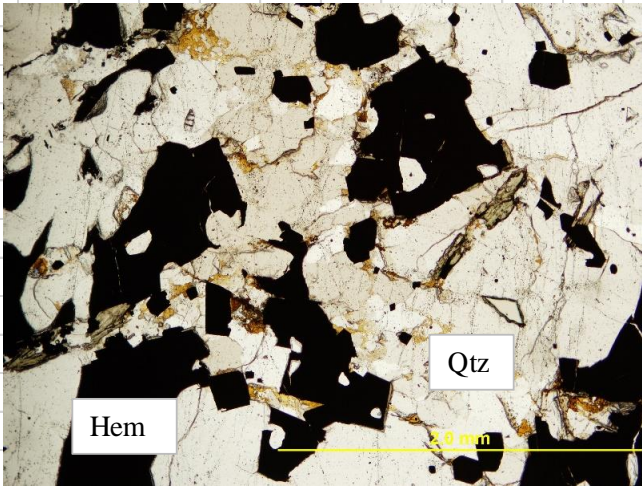
CONTACT 18

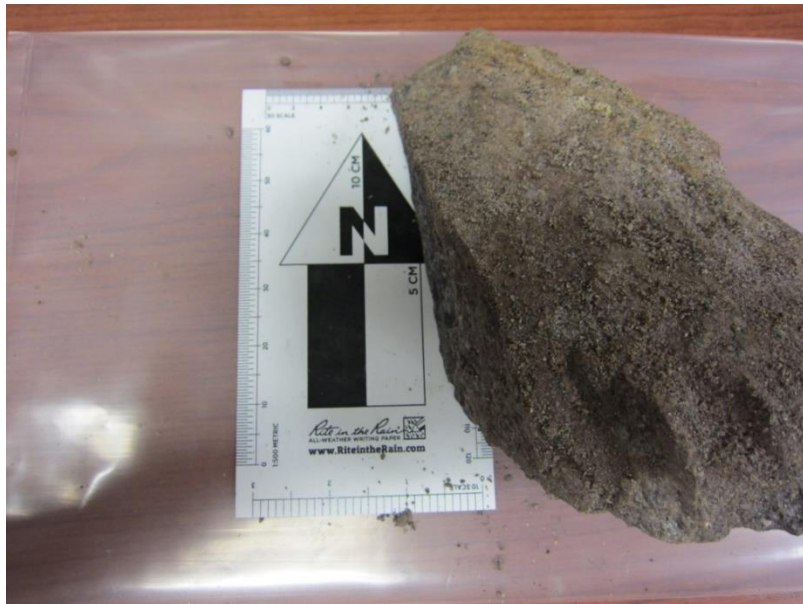
Description macroscopique Contact 18, Échantillon 1, Coordonnées : X : 5846859,3 Y : 609374,6 Z : 708,99				Localisation : Hessé		
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique Altération moyennement importante de type épidotisation Dureté élevé Faible fracturation Foliation moyennement défini Légèrement magnétique Aucune réaction au HCl Granulométrie fine à moyenne	Amphibolite saine	
Hornblende	25	1-2	Automorphe			
Biotite	35	1-2	Automorphe			
Plagioclase	20	1	Xénomorphe			
Muscovite	5	1-2	Automorphe			
Ilménite	1	< 1-1	Sub-Automorphe	Dessin		
Épidote	14	1	Xénomorphe			
Graphite?						


Description macroscopique Contact 18, Échantillon 2, Coordonnées : X : 5846859,3 Y : 609374,6 Z : 708,99 Localisation : Hessé						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique très verdâtre Léger magnétisme Aucune réaction au HCl Granulométrie moyenne à grossière Foliation faiblement visible Fracturation moyennement importante Altération importante de type épidotisation et chloritisation Dureté faible à moyenne	Amphibolite altéré	
Hornblende	20	1-2	Automorphe	Dessin 		
Biotite	20	1	Automorphe			
Chlorite	28	1	Xénomorphe			
Épidote	20	1	Xénomorphe			
Plagioclase	10	1	Xénomorphe			
Graphite	2	1	Automorphe			

Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1				
No. Échantillon:	18b	Secteur:	Hessé	UTMY: 5846859,3
Nom:	Hornblendite			UTMX: 609374,6
Mesures structurales (Échantillon)		Dessin mégascopique (figure 1)		
Sp:		Lé:		
S2:		Li:		
PA:		Pl:		
Autre:				
Commentaires/observations				
<p>Hématite est clairement secondaire, car elle recoupe les autres minéraux</p> <p>Minéraux opaques ont tous la même direction</p> <p>Présence de remobilisation</p>				
Minéraux		%	Description microscopique	
Hornblende		72	Automorphe, dans toute les positions	
Biotite		5	Automorphe	
Plagioclases		5	Secondaire, Xénomorphe	
Hématite		15	Secondaire, en superposition	
Rutile		3	Xénomorphe	
Graphite		1	Automorphe	
Paragénèse(s)		Faciès métamorphique: amphibolite		
Commentaires		Dessins		
				

Description macroscopique Contact 18, Échantillon 3, Coordonnées : X : 5846859,3 Y : 609374,6 Z : 708,99 Localisation : Hesse							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Roche mafique, contact altéré Moyennement magnétique Aucune réaction au HCl Moyennement fracturé Altération de type épidotisation, chloritisation et argilisation Foliation non-visible Granulométrie fine à moyenne	Contact AMP/IF altéré		
Hornblende	10	1-2	Automorphe	Dessin 			
Biotite	15	1-2	Automorphe				
Magnétite	5	1	Automorphe				
Hématite	10	1	Sub-Automorphe				
Argilite	5	<< 1	Xénomorphe				
Épidote	5	1	Xénomorphe				
Chlorite	15	1	Xénomorphe				
Plagioclase	10	1-2	Xénomorphe				
Quartz	25	1-2	Xénomorphe				

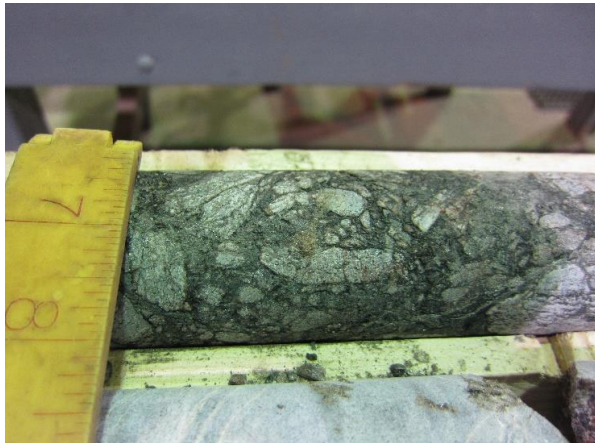
Description lame mince - Projet de Maîtrise - Groupe 1											
No. Échantillon:		18c		Secteur:		Hessé		UTMY:		5846859,3	
Nom:		Quartzite à hématite		UTMX:		609374,6					
Mesures structurales (Échantillon)						Dessin mégascopique (figure 1)					
Sp:		Lé:									
S2:		Li:									
PA:		Pl									
Autre:											
Commentaires/observations											
Présence de grain de quartz entouré d'une hématite											
Minéraux				%		Description microscopique					
Quartz				86		Xénomorphe, recristallisé					
Hématite				10		Sub-automorphe					
Rutile				2		Xénomorphe					
Apatite				2		Automorphe, très petit					
Paragénèse(s)		Facès métamorphique: amphibolite									
Commentaires						Dessins					
											

Description macroscopique Contact 18, Échantillon 4, Coordonnées : X : 5846859,3 Y : 609374,6 Z : 708,99 Localisation : Hesse						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer avec environ 20% Léger magnétisme Aucune réaction au HCl Faiblement fracturé Altération faible (argilisation) Foliation inexistante Granulométrie fine à moyenne Dureté élevé	IF altéré	
Hématite	18	1	Automorphe			
Magnétite	2	1	Automorphe			
Argilite	5	<< 1	Xénomorphe			
Quartz	75	1-2	Xénomorphe			
				Dessin		
						

Description macroscopique Contact 18, Échantillon 5, Coordonnées : X : 5846859,3 Y : 609374,6 Z : 708,99 Localisation : Hessé							
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres	
Nom	%	Taille (mm)	Autres	Formation de fer à environ 25% Magnétique Aucune réaction au HCl Dureté élevé Altération faible Fracturation faible Foliation plus ou moins bien développé	IF sain		
Magnétite	17	1-4	Automorphe	Dessin 			
Hématite	8	1	Automorphe				
Quartz	73	1	Xénomorphe				
Épidote	2	1	Xénomorphe				

[illegible]

ÉCHANTILLON 23

Description macroscopique Échantillon 23, Trou 2014_38, Profondeur 84,4m, Localisation : BLC						
Minéraux présents				Description roche	Nom de la roche	Autres
Nom	%	Taille	Autres	Texture très bréchique avec des clasthes arrondis à sub-anguleux de taille mm à cm. Matrice composé de hornblende et de biotite (très mafique) alors que les clastes sont composés de quartz et de plagioclases (surtout felsique). Dureté moyenne. Fracturation faible. Altération faible. Non-magnétique et ne réagit pas au HCl.	Brèche	
Hornblende	30	1-2	Automorphe			
Biotite	20	1-2	Automorphe			
Plagioclases	20	1	Sub-Automorphe			
Quartz	10	1	Xénomorphe			
Graphite	20	>> 1	Xénomorphe			
				Dessin		
						

ANNEXE 2 : Analyses structurales

1. Mise en contexte

1.1 Le terrane de Gagnon

La structure du terrane de Gagnon demeure très complexe parce qu'il se situe dans la zone passablement déformé du para-autochtone du Grenville. Plusieurs auteurs dont Schwarz (1998), placent le terrane directement au sud du front Grenville et donc en contact avec la province géologique du Supérieur. Deux orogènes sont principalement responsables de la déformation du terrane, soit l'orogène grenvillienne (1000 Ma) qui a produit des zones de plissements et de charriage importante et l'orogène hudsonienne (1800 Ma), beaucoup moins documentée dans la région. Selon Brown et al. (1993), trois nappes de charriages ont été reconnues dans le terrane de Gagnon.

La position du terrane, à la limite nord de l'orogène Grenvillienne, fait en sorte qu'il existe dans le terrane d'énormes variations au niveau de la déformation et du métamorphisme, qui passe de schiste vert à granulite (Schwarz 1998). De plus, en s'éloignant du front, le métamorphisme tend vers le faciès granulite. La majorité des auteurs (Duffel et Roach 1974, Rivers 1989, Schwarz 1998) interprètent trois phases de déformations dans le secteur. La première (D1, contrainte orientée S-O) serait le résultat du chevauchement principal et aurait amené la formation de foliation et un plissement. La seconde (D2, orienté N-O) aurait formé des plis secondaires et la troisième (D3, orienté N-E) aurait été plus importante dans le sud du terrane (Schwarz 1998). Une possible déformation par l'orogène hudsonienne pourrait être visible au Mont-Wright, mais celle-ci n'est pas relevée par l'auteur.

Rivers (1989) a lui-même proposé un modèle de mise en place basé sur les observations de terrain qui correspond encore bien à l'ensemble du terrane de Gagnon. En figure 64, il établit les cinq étapes de déformation.

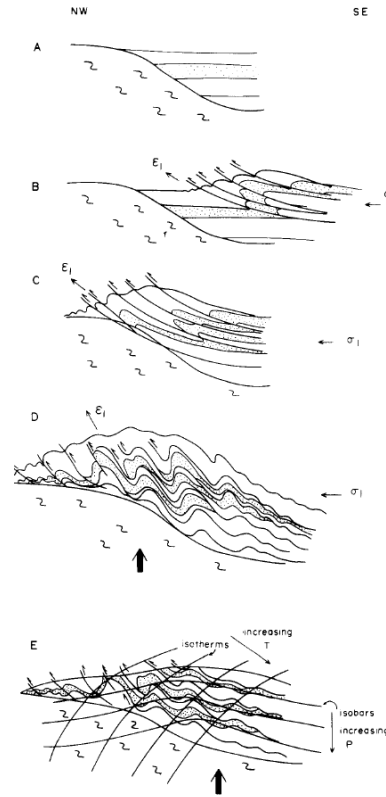


Figure 64 Étape de déformation du terrane de Gagnon en cinq étapes selon Rivers et al 1989. En A, il s'agit d'un terrane pré-déformation. En B et C, mouvements de nappes de chevauchement et compression du terrane. En D, phase de plissement et en E, présence d'isothermes et de variation du métamorphisme.

1.2 La région du Mont-Wright

La région du Mont-Wright qui se retrouve dans le terrane de Gagnon possède une complexité structurale évidente (Figure 65). Le pendage est plutôt variable et la foliation métamorphique visible dans chaque unité varie majoritairement entre 050 et 070°.

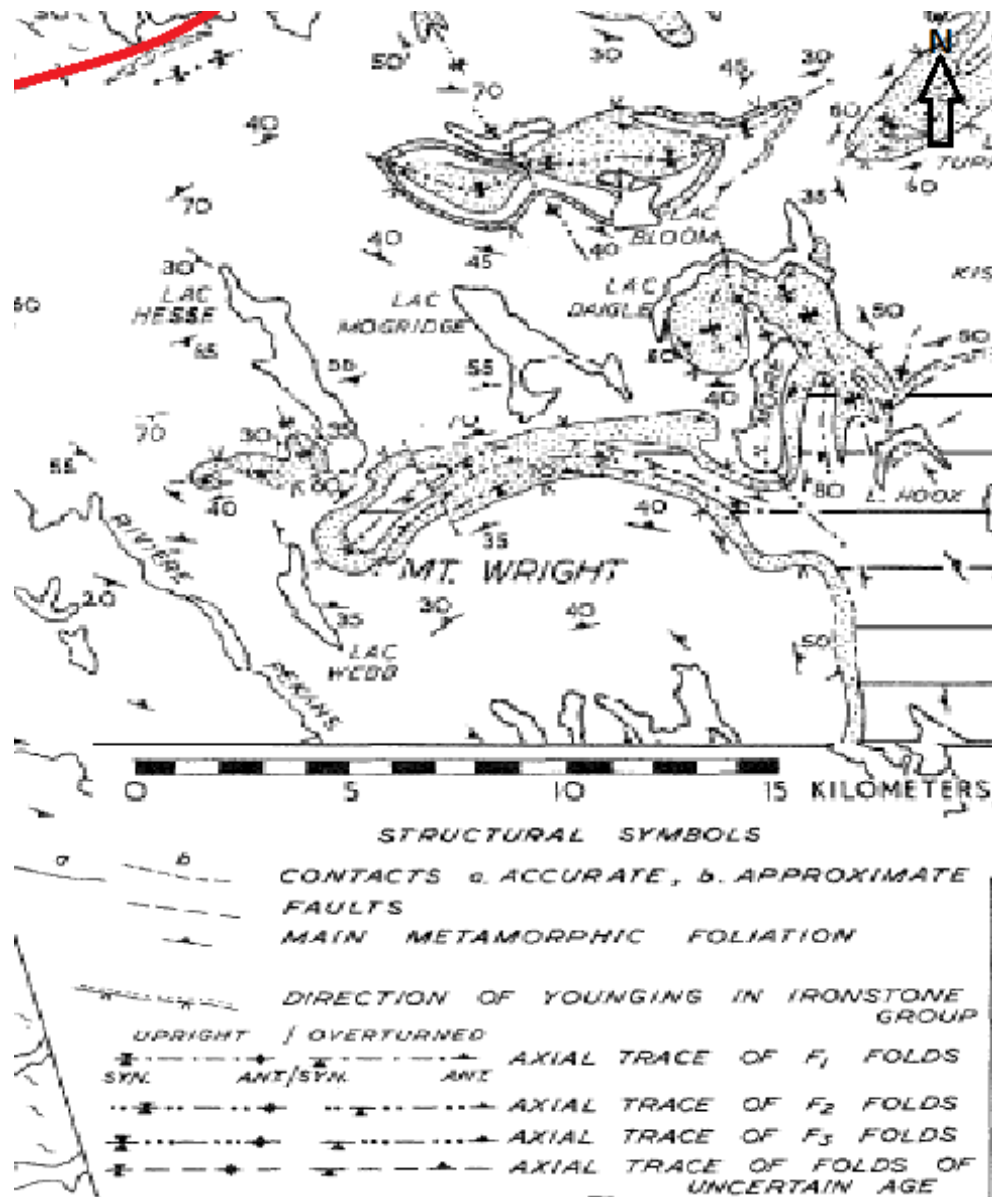


Figure 65 Structure du Mont-Wright. Le trait rouge représente le front du Grenville. Présence de failles et d'un synclinal. Modifié de Duffel et Roach, 1974.

Plus en détail, il y a en fait un jeu de synclinal et d'anticlinal au Mont-Wright, recoupé avec des nombreuses phases de plissement (Figure 66).

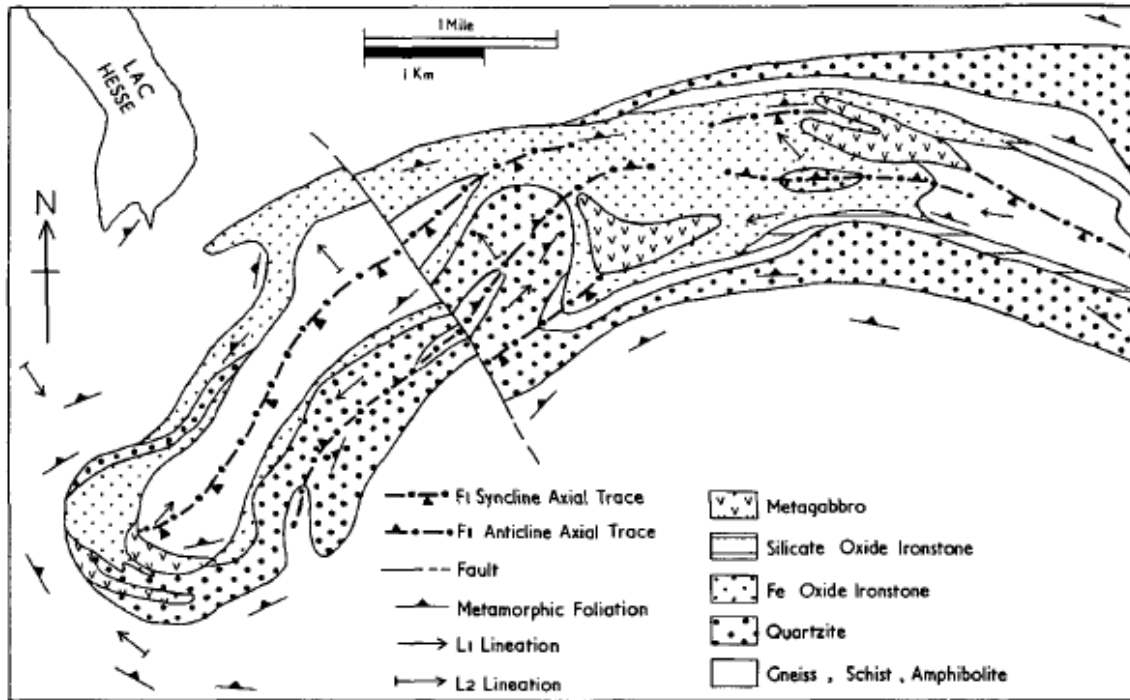


Figure 66 Structure détaillée du Mont-Wright, avec une faille recoupant le gisement. Tiré de Duffel et Roach, 1974.

Une cartographie de terrain montre des évidences d'au moins trois phases de déformations. On retrouve aussi des foliations métamorphiques avec de la biotite et de la hornblende, surtout visibles dans les amphibolites (Duffel et Roach, 1974)

1.3 Importance de la géologie structurale

Dans le présent projet, la géologie structurale n'avait pas un rôle bien défini dans la problématique. Une hypothèse avait été formulé selon laquelle l'amphibolite était un intrusif qui aurait pu amener une contamination lors de sa mise en place par arrachage de blocs ou par fusion partielle des contacts. Cette hypothèse aurait pu provoquer une zone de trempe et par la même occasion une diffusion géochimique qui pourrait expliquer la contamination. Cependant, après une cartographie des contacts, aucune zone de trempe n'a pu être identifiée. On ne retrouve pas non plus d'évidence de dégradation aux contacts. L'hypothèse d'une roche ignée intrusive ne peut tout de même pas être écartée, puisque le métamorphisme avancé dans le secteur pourrait avoir détruit les évidences.

1.4 Cartographie des contacts formation de fer/amphibolite

Une cartographie des contacts visibles entre les formations de fer et les amphibolites a été faite. De nombreux contacts sont visibles puisque les deux unités semblent avoir une certaine relation génétique et stratigraphique. Chose certaine, les amphibolites ont subi les mêmes déformations que le reste du gisement puisqu'elles suivent les mêmes plissements que les formations de fer (Figure 67). Leur mise en place semble donc être pré à syn-tectonique.

On remarque une relation semblable lorsque l'on regarde des modélisations du gisement, soit que l'amphibolite et les formations de fer ont les mêmes relations stratigraphiques et

qu'elles sont influencés par les mêmes déformations (Figure 67). Cette évidence nous laisse croire que la mise en place est donc pré-déformation.

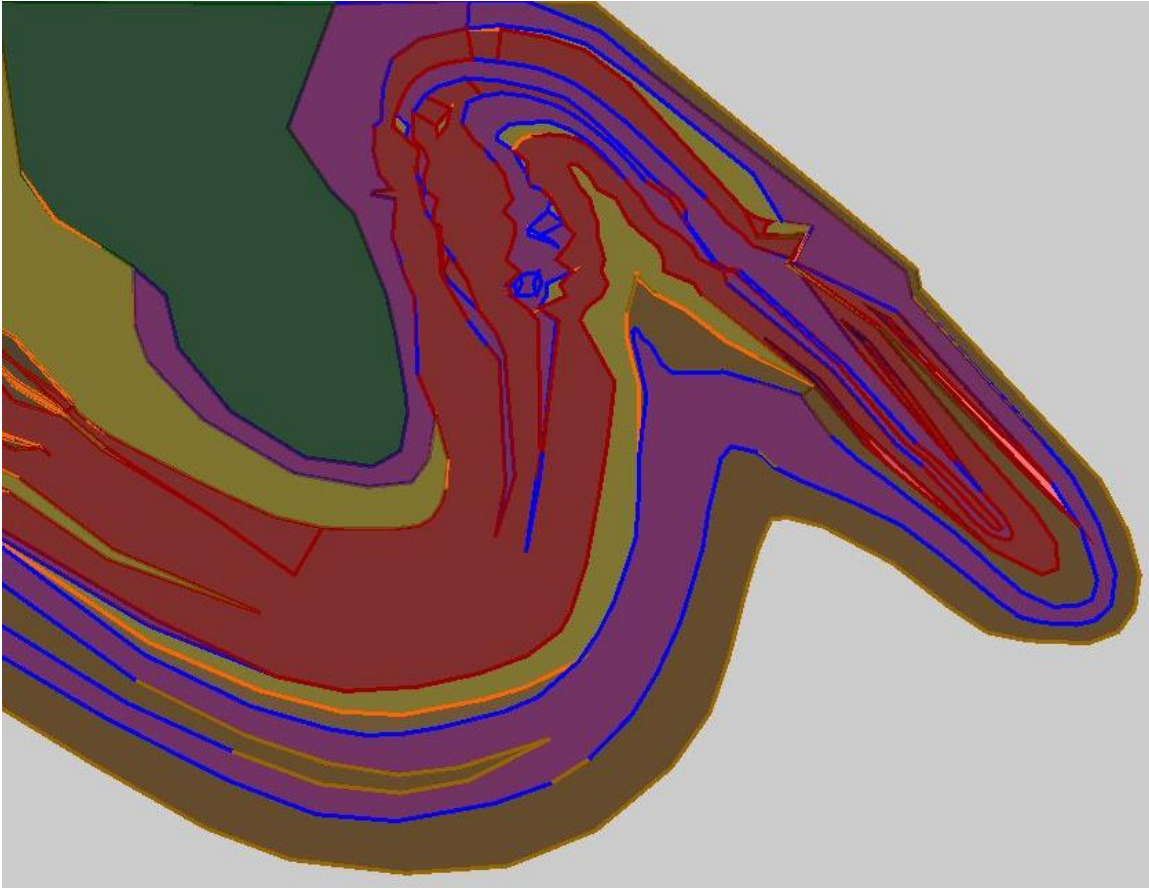


Figure 67 Modélisation du gisement qui démontre la relation de déformation entre l'amphibolite (mauve) et la formation de fer (rouge). On retrouve aussi du gneiss (vert).

On remarque aussi de nombreuses structures de déformation à grande échelle. Van Gool et al. (2008) ont en effet travaillé sur les déformations visibles dans le terrane de Gagnon. Ils remarquent des boudins et des « pinch and swell » très apparents par endroit (Figure 68). Ils remarquent aussi de nombreuses autres évidences de déformation comme des interférences de plissement, des mylonites, des nappes de chevauchement, etc. L'image en 68 résume assez bien les présentes évidences découvertes sur le terrane de Gagnon.

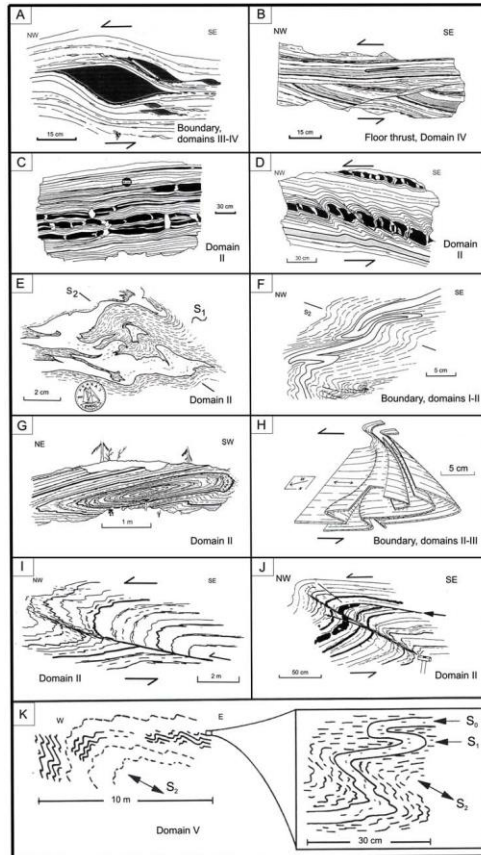


Figure 68 Évidence macroscopique de déformation dans le Terrane de Gagnon, tiré de Van Gool, 2008.

Oon peut voir la présence de boudins sur l'une des parois au Mont-Wright (Figure 69). Les boudins sont des structures géologiques formés par un phénomène d'extension. Lors de l'extension, les lits moins compétents se déforment (dans notre cas, l'amphibolite (représenté en vert)) et les lits plus compétents se brisent et forment des boudins (formation de fer, représenté en rouge) (Fossen, 2010).



Figure 69 Présence de boudins dans la formation de fer (en rouge) sur une paroi de la mine du Mont-Wright.

1.5 Structure microscopique des contacts formation de fer/amphibolite

Ensuite, grâce aux observations sur des lames minces, il a été possible de déterminer des structures microscopiques dans les amphibolites. Les relations structurales sont souvent exprimées avec des porphyroblastes et la foliation (Van Gool, 2008). Dans notre cas, il s'agit de grenats métamorphiques. Selon la classification de Van Gool en figure 70, on retrouve principalement quatre structures au Mont-Wright (représenté par des encadrés rouges). La majorité des structures ressemblent à des grenats syncinématique et postcinématique avec des rotations au niveau des grenats et du fluage autour de ceux-ci, principalement représenté par la biotite.

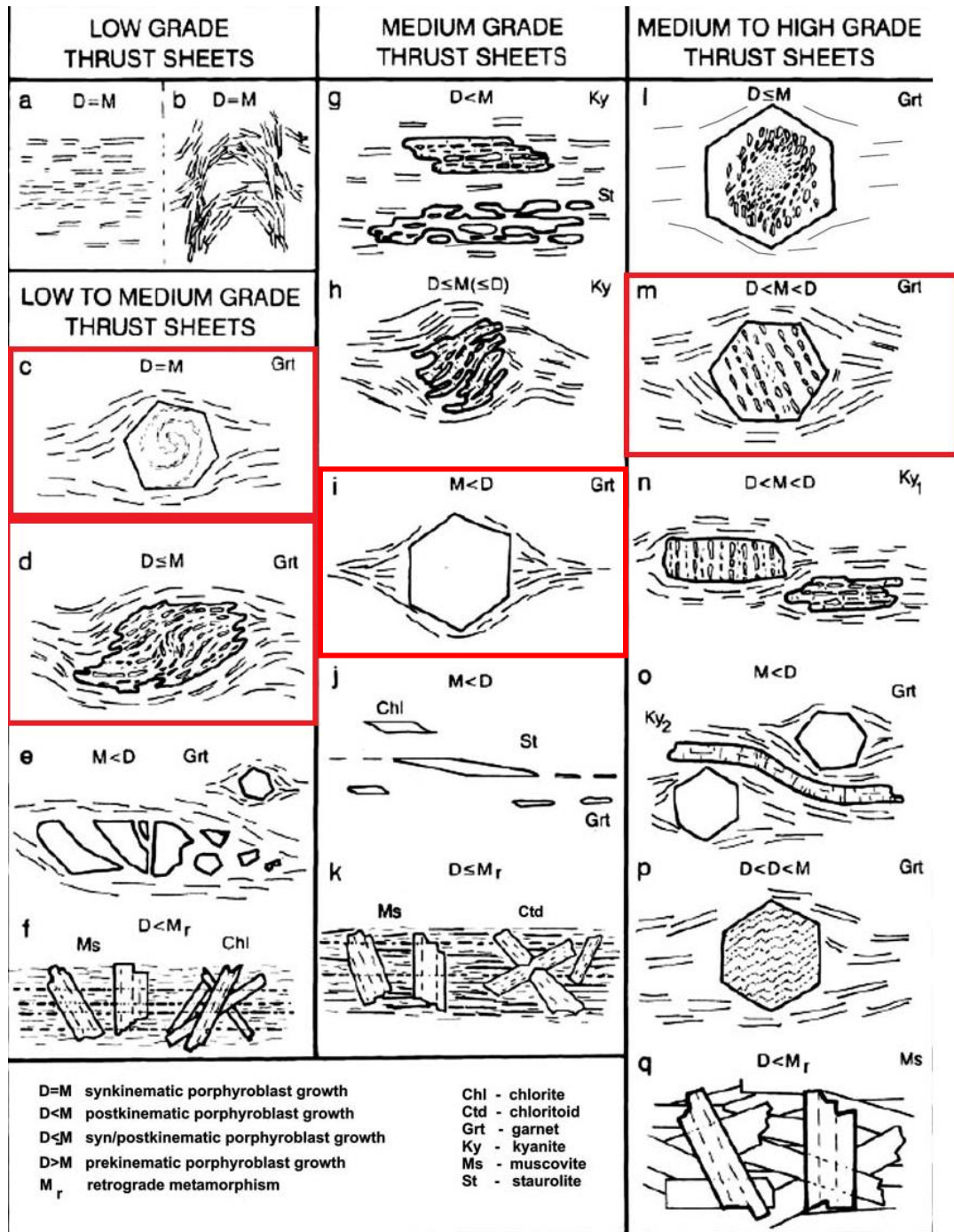


Figure 70 Représentation structurale microscopique du Terrane de Gagnon, modifié de Van Gool, 2008.

La lame 4a en figure 71 représente très bien une évidence de rotation dans les grenats et le fluage de la biotite autour du grenat. Le fluage est un état irréversible et progressif (non-instantané) des minéraux. Normalement, il doit y avoir une pression constante pendant une longue période de temps (Fossen, 2010).

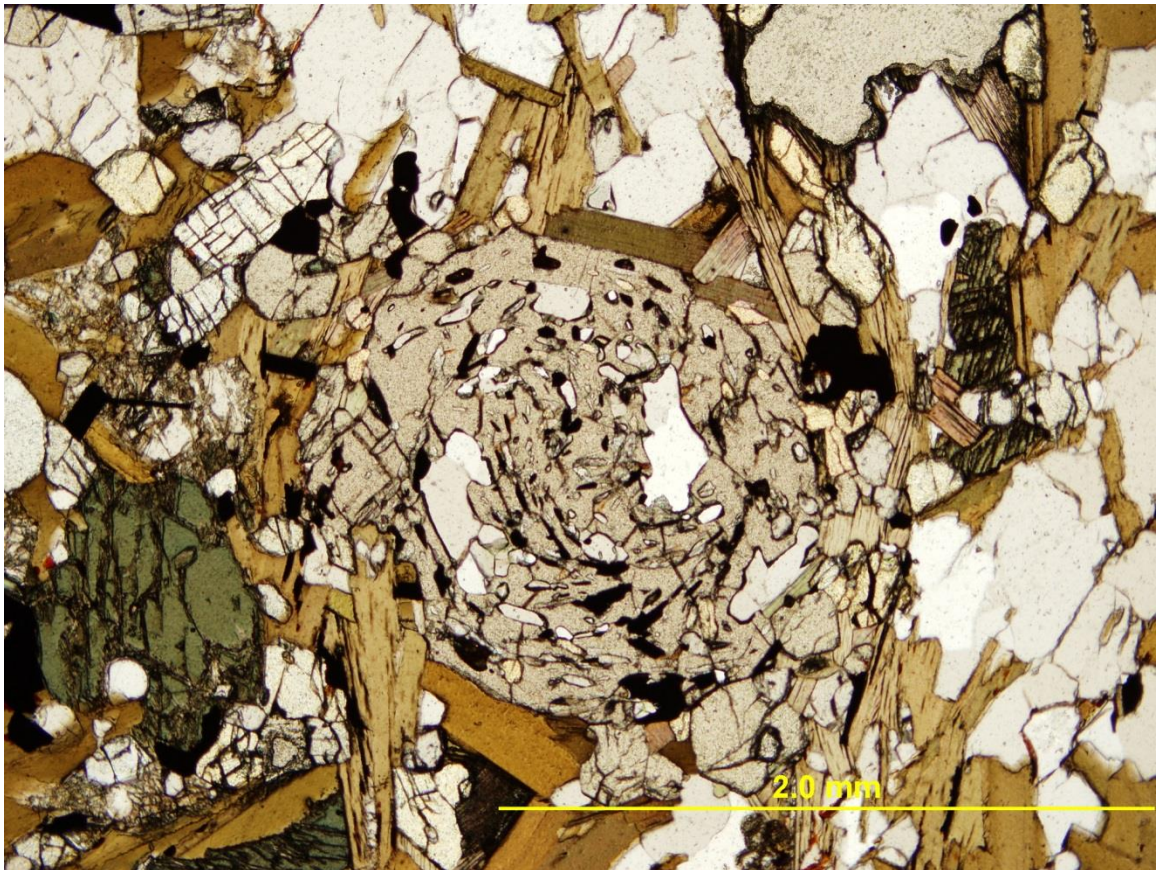


Figure 71 Évidence de rotation d'un grenat dans la lame 4a. On remarque des minéraux du titane dans la rotation du grenat, soit de l'ilménite et du rutile.

Ce qui est observable sur ce grenat est la preuve de sa croissance pendant la déformation. En effet, pour former des évidences de rotation comme celle de la figure 71, le grenat s'est formé durant un épisode de cisaillement qui a entraîné sa rotation. Un autre

élément très important visible dans cette image est la présence des inclusions de minéraux du titane. Au cœur du grenat et donc au début de la déformation, c'est de l'ilménite qui cristallise. Or, dans les périphéries du grenat le rutile est plus abondant. Cette information est capitale, car elle indique un changement dans les conditions de déformation, de métamorphisme et de formation des grenats. En effet, la figure 72 démontre les champs de stabilité du rutile et de l'ilménite. On remarque donc clairement qu'il y a eu une augmentation de pression (Ernst et al, 1998).

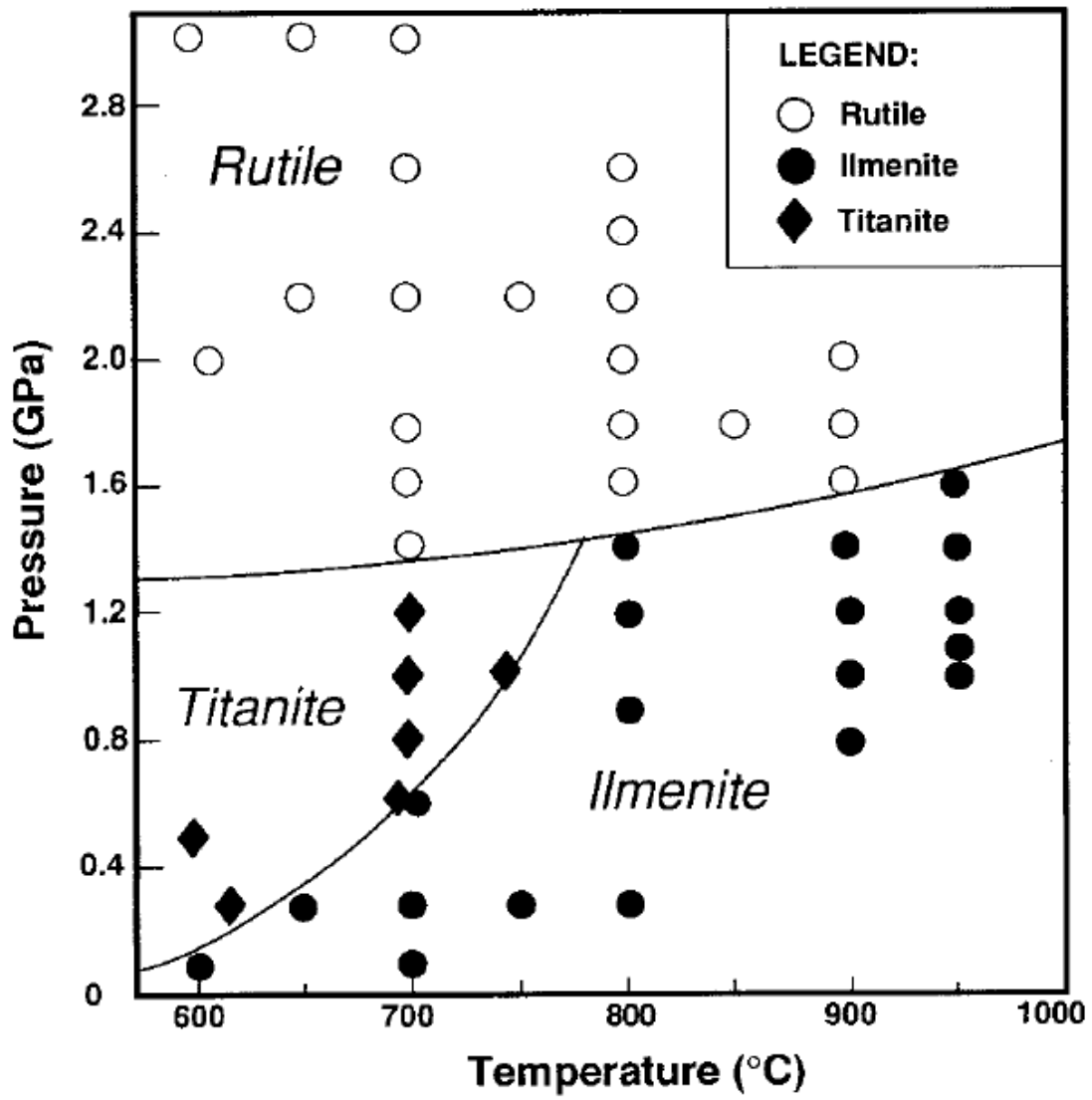


Figure 72 Champs de stabilité des minéraux du titane, tiré d'Ernst et al, 1998.

1.6 Relation structure et contamination

Les évidences structurales tendent à démontrer que les amphibolites sont des unités pré à syn-déformation puisqu'elles ont subi les mêmes déformations que les formations de

fer. Bien que des zones de trempe n'aient pas été observées, il est impossible d'écarter l'origine ignée des roches. Une origine sédimentaire ne peut pas non plus être totalement exclue. Pour valider ces théories, il faudra donc compléter par une étude géochimique et une étude minéralogique.

L'étude des contacts ne démontre pas non plus qu'un réseau de failles ou de fractures aient une influence sur la contamination. Les nombreux minéraux hydratés, la présence de roche altérée et lessivée ainsi que la présence d'argile nous indique qu'une grande quantité de fluide ayant circulé, les failles et/ou les fractures ne sont pas une nécessité absolue pour le transport des éléments contaminants. Il est possible que les fluides, gorgés de silice, aient re-cimenté les fractures et qu'il ne reste plus d'évidence. Enfin, le métamorphisme et la déformation importante pourrait avoir influencé la contamination à l'aide de fluide métamorphique.